

**Экосистемы на вечной мерзлоте. Сибирские лиственничные леса / Под ред. А. Осава, О.А. Зыряновой, Ю. Мацуура, Т. Каджимото и Р.У. Вейна. Дордрехт; Гейдельберг; Лондон; Нью-Йорк: Шпрингер, 2010. 528 с\*.**

Рецензируемая монография подводит некоторые итоги многолетнего японско-российского исследования экосистем лиственниц Сибири в зоне вечной мерзлоты, начатого по инициативе Президента СССР М.С. Горбачева, посетившего Японию в 1989 г. и предложившего премьер-министру этой страны Тошики Каифу создать фонды для совместного научного изучения Сибири.

Реализация идеи началась уже после образования Российской Федерации в качестве самостоятельного суверенного государства. Руководителем проекта с российской стороны стал д-р биол. наук, проф. А.П. Абаимов (ныне покойный), с японской стороны проф. Акира Осава. Несмотря на возникавшие трудности, особенно ощутимые в первые годы исследований, работа постепенно наладилась и успешно выполнялась.

Рецензируемая монография посвящена памяти А.П. Абаимова.

Книга состоит из 5 частей, объединяющих 24 главы, в написании которых участвовало 58 авторов из Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН и нескольких институтов и университетов Японии.

Каждая глава предваряется отдельным кратким введением, содержит емкие и компактные исследовательские данные и завершается списком литературы. Такая конструкция издания вполне оправдана – она позволила редакторам структурировать монографию, конкретизировать авторство многочисленных участников исследования и усилить их персональную ответственность.

Основное содержание книги (гл. 6–12, 14–17), посвящено комплексным работам, проводившимся преимущественно на территории Эвенкийского стационара Института леса СО РАН им. В.Н. Сукачева, организованного А.П. Абаимовым в 1990 г. неподалеку от пос. Тура, столицы Эвенкии (64° с.ш., 100° в.д.). Именно здесь, начиная с 1995 г., интернациональный коллектив детально

и многосторонне изучал леса (в основном древо-стой), образованные лиственницей Гмелина (*Larix gmelinii*). В меньшей мере непосредственными исследованиями затронута лиственница Каяндера (*Larix cajanderii*) в районе г. Якутска, поселков Черский и Оймякон.

Редакторы книги не считают исследование законченным, но испытывают потребность доложить о результатах, породивших ряд новых вопросов и вызвавших необходимость продолжения и развития работ.

Прежде чем начать само рецензирование, целесообразно сказать несколько вводных слов. Монография, посвященная результатам исследования лиственничных лесов Сибири на вечной мерзлоте, крайне сложна. Многие главы требуют отдельных развернутых самостоятельных рецензий. В них либо рассматриваются весьма крупные разделы лесной науки, которые невозможно про-рецензировать по одному лишь компактно представленному материалу, либо, к тому же, их информация выходит за рамки территорий с вечной мерзлотой. Разнообразие порознь рецензируемых разделов не дает возможности оценить монографию в целом. Поэтому помимо краткого (за одним исключением) рассмотрения глав рецензия содержит заключительную часть с попыткой сделать такую оценку.

#### ЧАСТЬ I. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**Глава 1** (13 с.). Введение (авторы А. Осава, О.А. Зырянова). Обосновывается необходимость выделения в бореальных лесах особого мерзлотного биома лесных экосистем, расположенного преимущественно на северо-востоке России, на территории с вечной мерзлотой. В качестве доказательства приводятся имеющиеся литературные данные, преимущественно на русском языке, о специфике флористического состава, экологии и структуры лесных сообществ, отмечены обширность территории и своеобразие климата.

Кратко описана история изучения растительности Сибири. Особенно подчеркивается значимость 40-летних исследований Л.К. Позднякова:

\* Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests / A. Osawa, O.A. Zyryanova, Y. Matsuura, T. Kajimoto, R.W. Wein, eds. Ecological Studies. V. 209. Dordrecht; Heidelberg; London; New York: Springer, 2010. 528 p. DOI 10.1007/978-1-4020-9693-8.

результатам его работ, в том числе по водному режиму лиственничных лесов, посвящена целая страница.

Авторы указали и отчасти охарактеризовали участки и пробные площади в главном районе исследований (вблизи пос. Тура) и дополнительных регионах. Рассмотренные во введении вопросы косвенно раскрывают перечень задач, которые предусматривается решить в проекте.

*Замечания.* Вводную главу монографии было бы целесообразно поместить перед частью I, что повысило бы ее статус и подчеркнуло общее значение. В качестве главы 1 следовало бы с максимальной полнотой привести характеристику климатической специфики зоны мерзлоты. Основная цель – усиление значения климата для выделения биома, дополнительная – полное соответствие названию части.

**Глава 2** (23 с.). Флористическое разнообразие Средней Сибири и его географический фон (авторы О.А. Зырянова, А.П. Абаимов, Х. Даймару, Ю. Мацуура). Показано, что в Средней Сибири, на Среднесибирском плоскогорье, насчитывается 1124 вида растений, принадлежащих к 375 родам и 88 семействам. Видовое богатство территории постепенно снижается к северу, в соответствии с ухудшением условий роста. В настоящее время лиственничные леса включают в основном климаксовые и субклимаксовые послепожарные ассоциации. Нарушенных человеком ассоциаций пока несколько меньше (43%).

**Глава 3** (18 с.). Географическое распределение и генетика сибирских видов лиственницы (автор А.П. Абаимов). В главе детально рассмотрена непростая ситуация с названиями лиственниц, произрастающих на территории азиатской части России. Начиная с 1838 г. до последних лет флористы и дендрологи дали сибирским лиственницам в общей сложности 11 наименований на уровне вида. Точки зрения авторов не согласованы до сих пор.

На основе разностороннего анализа А.П. Абаимов выделяет на территории Сибири три вида лиственниц: сибирскую (*Larix sibirica* Ledeb.), Гмелина (*L. gmelinii* (Rupr.) Rupr.) и Каяндера (*L. cajanderi* Mair.) В завершающей части главы автор дает развернутое описание принятых им трех видов, отмечая, что по сравнению с вечнозелеными породами два последних вида лучше приспособлены к вечной мерзлоте и поэтому образуют северную границу лесной растительности на территории азиатской России.

**Глава 4** (24 с.). Экология естественных лесных пожаров в зоне непрерывной вечной мерзлоты (авторы М.А. Софронов и А.В. Волокитина). Основным повреждающим фактором в зоне вечной мерзлоты являются естественные лесные пожары. Авторы дают их обзорную характеристику, включив в нее экспериментально изучавшиеся ими участки, в том числе в районе пос. Туры.

В главе рассмотрены: количество горючих материалов в экосистемах, условия их сезонного увлажнения, высыхания и горения, условия распространения пожаров по территории, причины пожаров и повреждаемая площадь, экологические последствия пожаров. Отмечена важная особенность северных лиственниц – прозрачность кроны и тонкий слой полога их древостоев, что резко снижает количество верховых пожаров. Одной из положительных сторон воздействия пожаров является вызываемое ими прогорание подстилки, что существенно увеличивает глубину оттаивания слоя мерзлоты и на 2–3 десятилетия улучшает лесорастительные условия.

Следует отметить, что из содержания главы можно узнать об экосистемах лесов вечной мерзлоты гораздо больше, чем из какого-либо другого раздела монографии.

**Глава 5** (14 с.). Восстановление лесной растительности после повреждения пожарами (авторы О.А. Зырянова, А.П. Абаимов, Т.Н. Бугаенко, Н.Н. Бугаенко). Показано, что наземные пожары в зоне мерзлоты, ежегодно повреждающие примерно 1.5% лесов, являются основным фактором динамики их флористического разнообразия. На первых стадиях послепожарного восстановления растительности существенно меняется количество и обилие видов сосудистых растений, мхов и лишайников. Число первых заметно возрастает при наличии бугорково-депрессивных микропографических образований (с 25 до 29 основных семейств) и несколько снижается при отсутствии микрорельефа. Количество видов мхов и лишайников снижается во всех случаях. Полное восстановление растительного покрова требует 90–100 лет; оно может быть нарушено раньше времени очередным пожаром.

## ЧАСТЬ II. ДИНАМИКА И ФУНКЦИИ ЭКОСИСТЕМ

**Глава 6** (24 с.). Биомасса и продуктивность экосистем сибирских лиственничных лесов (авторы Т. Каджимото, А. Осава, В.А. Усольцев и А.П. Абаимов). Содержание главы целесообразно рассмотреть наиболее детально, так как именно

Опубликованные и часть неопубликованных сведений о древостоях лиственницы Гмелина (ЛГ) в главе 6

Номера и названия древостоев	1 CR1994	2 CR 1990	3 CR 1978	4 CF	5 W1	6 NF	7 CR 1830	8 C1
Постоянные пробные площади								
число	10	4	4	4	6	12	2	1
размер, м <sup>2</sup>	2	4	25	400	25	225	500	1000
Таксационные характеристики								
Возраст, лет	10	14	26	105	105	105	174	>220
Ср. Д <sub>1,3</sub> , см	–	–	2.73	3.15	2.24	4.52	9.46	6.83
Ср. высота, м	0.55	1.47	4.6	3.4	2.7	5.5	9.0	5.5
Число деревьев, тыс. га <sup>-1</sup>	395.5	148.2	13.7	5.48	5.67	5.39	1.62	1.91
Геоботанические характеристики								
Индекс площади крон (CAI)	1.94	3.18	1.33	0.18	0.12	0.28	0.23	0.34
Листовой индекс (LAI)	0.78	1.46	2.7	0.55	0.37	0.65	0.78	1.28
Дополнительные таксационные характеристики, рассчитанные рецензентом								
Класс бонитета	Vb	Va	IV	≪Vb	≪Vb	<Vb	Vb	<Vb
Абсолютная полнота, м <sup>2</sup> га <sup>-1</sup>	–	–	8.02	4.30	2.23	8.65	11.40	7.00
Относительная полнота	нет Д	нет Д	0.8	нет	нет	0.8	0.6	0.7
Запас (в коре), м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	4	13	27	15	8	32	39	29
Биомасса надземной части, т га <sup>-1</sup>								
Стволы	2.42	8.36	17.62	9.78	4.93	20.8	25	18.93
Ветви	–	–	4.22	1.16	1.04	1.73	2.11	3.29
Хвоя	0.63	1.17	2.18	0.44	0.32	0.52	0.63	1.03
Итого	3.05	9.53	24.02	11.38	6.29	23.05	27.74	23.25
Биомасса подземной части, т га <sup>-1</sup>								
Корни крупные (>5мм)	–	–	6.21	5.14	2.98	8.32	9.84	11.72
Корни тонкие (<5 мм)	–	–	–	–	4.1	–	–	5.9
Определено без разделения	0.7	1.68						
Итого подземной биомассы	0.7	1.68	6.21*	5.14*	7.08	8.32*	9.84*	17.62
Вся биомасса								
Вся биомасса, т га <sup>-1</sup>	3.75	11.21	30.23*	16.52*	13.37	31.37*	37.58*	40.87
Соотношение “верх/корни”	4.4	5.7	3.9*	2.2*	2.1*	2.8*	2.8*	2.0*
То же, с учетом тонких корней	4.4	5.7			0.9			1.3

\* без тонких корней; – нет данных.

здесь содержится описание древостоев, на которых выполнялись основные многолетние наблюдения. В целях экономии места сведения о них приведены в табличной форме (таблица).

Для стационарных исследований вблизи пос. Тура были отобраны 8 монодоминантных послепожарных участков леса с сообществами, образо-

ванными лиственницей Гмелина (ЛГ). В таблице, и далее в рецензии все эти сообщества, вслед за авторами, называются древостоями, хотя, согласно российской лесной номенклатуре, половина из них таковыми не являются. Перечислим их: № 1 (CR 1994), № 2 (CR 1990), № 4 (CF) и № 5 (W1). Во всех случаях имеются проблемы с высотой древостоев.

Древостои №№ 1–7 считаются одновозрастными. Древостой № 8 разновозрастен. Он пройден несколькими пожарами. В одновозрастных древостоях заложены 42 постоянных пробных площади разного количества и размера (см. таблицу). Их таксационные характеристики не приведены. В отличие от данных главы 6, в главе 7 сообщается, что в 10-летнем молодняке 15 постоянных пробных площадей, причем в 10 из них размер площадок равен 1 м<sup>2</sup>.

Класс бонитета, абсолютная и относительная полнота, запас древесины, тип леса и/или тип лесорастительных условий изучавшихся древостоев не указаны.

Плотность стволов лиственницы принята равной 0.647 г см<sup>-3</sup> (стр. 106) для всех возрастов лесообразователя. С помощью этого коэффициента объем стволов в м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup> переводился в значения их массы в т га<sup>-1</sup> (используя обратный прием, рецензент восстановил значения запасов в вышеприведенной таблице).

Для всех древостоев определена биомасса их надземной части. Более правильно было бы называть ее фитомассой, поскольку определялась масса различных фракций живых деревьев. Как-либо неожиданностей в отношении фитомассы не обнаружено – она мала, что соответствует характеристикам древостоев. В 8 древостоях ЛГ различия варьируют от 3.1 до 27.7 т га<sup>-1</sup> сухого веса (образцы высушивались при 85 °С).

Очень интересны данные о массе корневых систем (см. таблицу). Но прежде всего следует отметить своеобразие классификации корней. Она не связана с их физиологией: корни просто механически разделены по диаметру на крупные (> 5 мм) и тонкие (< 5 мм). “Тонкие корни” у авторов монографии включают в себя как всасывающую часть корешков (их диаметр < 1 мм), так и проводящую часть. Основная масса выделенных “тонких корней” имеет функцию проведения, а не поглощения воды с растворенными в ней минеральными элементами.

Безусловно, данная классификация вполне применима для определения массы корней, но и только. Обсуждать функциональные особенности корневых систем ЛГ на ее основе менее продуктивно, нежели при функциональной классификации.

Поскольку для стационарных исследований отобраны древостои низших классов бонитета (за исключением 26-летнего молодняка), то у них преобладают тонкие по размеру корни. В молодняках 10 и 14 лет практически все корни относи-

лись к разряду тонких (поэтому они определены без разделения), в 26-летних тонкие корни не определялись. Из трех 105-летних древостоев тонкие корни определялись в самом низкопродуктивном лиственничнике с высотой 2.7 м. В нем они явно преобладали над крупными. Их сухая масса превышала 4 т га<sup>-1</sup>. В разновозрастном 220-летнем древостое масса тонких корней была еще больше – 5.9 т га<sup>-1</sup>, но в нем было много и крупных корней.

Авторы по каким-то причинам не включили имеющиеся у них данные по тонким корням в строку “top/root ratio” (табл. 6.2, с. 108).

Чистая первичная продукция надземной части древостоев определялась авторами при помощи преимущественно косвенных методик, различающихся почти для каждого из 6 включенных в оценку древостоев (табл. 6.3, с. 114).

К сделанным выше многочисленным замечаниям добавим еще одно, возможно, самое важное: *в главе о биомассе экосистем все данные относятся только к древостоям, о всех остальных компонентах экосистем информации нет.*

**Глава 7** (26 с.). Развитие структуры древостоев в лиственничных лесах (авторы А. Осава, Т. Каджимото). Содержание главы основано на сведениях, полученных при стационарных исследованиях в Туре (в том числе дополнительных) и привлечении литературных данных. В числе собственных материалов ключевую роль играет послепожарная пр.пл. L14 (в гл. 6 она не упоминается), в отношении которой указаны: ее размер (0.0216 га), возраст (95–97 лет), густота (4120 дер.га<sup>-1</sup>), ср. D<sub>1.3</sub> (5.43 см), высота самого высокого дерева (11.2 м). Данные о средней высоте отсутствуют. Приведен ряд сведений об отпаде деревьев. Наибольший отпад происходил, когда древостою было 55–60 лет; его максимум наблюдался у деревьев *средних* размеров. Детали получения данных не ясны. Причина необычной дифференциации деревьев не объясняется.

Есть некоторые несоответствия с гл. 6. В табл. 7.1 (с. 133) указано, что в 10-летнем молодняке заложено 15 пробных площадок, из которых 10 имеют размер 1 м<sup>2</sup>, а 5 – 2 м<sup>2</sup>. В гл. 6 приводятся другие цифры и по количеству, и по размерам этих площадок.

Авторы допустили грубые ошибки по бонитировке лесов. Они считают, что древостои CR1994, CR1990, CR1978, CR1899 (CF), CR1830 и C1 относятся к Vб классу бонитета, тогда как изучавшиеся древостои в действительности имеют, соответственно, Vb, Va, IV, <<Vb, Vb и < Vb классы

бонитета (см. табл. гл. 6). Эти резкие различия в продуктивности лесов стационара объясняют значительную часть выявленных авторами закономерностей.

Влияние пожаров на структуру лиственничников не рассматривалось. Полагаю, что без учета этого фактора представление о структуре и динамике древостоев на вечной мерзлоте является весьма неполным.

А. Осава и Т. Каджимото считают, что для улучшения представлений о механизмах формирования лиственничных лесов нужны дополнительные исследования. С этим нельзя не согласиться.

**Глава 8** (15 с.). Углерод и азот почвы, и характеристика активного почвенного слоя в сибирском регионе вечной мерзлоты (авторы Ю. Мацуура, М. Хиробе). Данные получены в нескольких регионах Средней и Северо-восточной Сибири. Авторы отмечают острый недостаток литературных данных по химии лесных почв региона вечной мерзлоты. Впервые проведенное изучение углерода и азота лесных почв Эвенкийского стационара показало, что почвенный слой – основной резервуар углерода, причем его запасы в почвах взрослых древостоев составляют 80% от общего содержания углерода в экосистемах. Среднее содержание углерода в активном слое почвы составляет  $63 \text{ т С га}^{-1}$ , с колебаниями от 25 до  $136 \text{ т С га}^{-1}$ . Отношение C/N равно  $19.5 \pm 3.6$ . Недостаток минеральных веществ, безусловно, существует, но даже при обильном их наличии они недоступны для питания из-за низкой температуры почв.

В Северо-Восточной Сибири среднее содержание углерода в почве значительно выше ( $168 \text{ т га}^{-1}$ ), что объясняется гораздо меньшей долей каменистых фрагментов во всех почвенных горизонтах. Отношение C/N равно  $14.8 \pm 7.0$ .

**Глава 9** (18 с.). Дыхание почвы в лиственничных лесах (авторы Т. Моришита, О.В. Масыгина, Т. Койке, Ю. Мацуура). Материалы главы базируются на экспериментальном изучении в районе пос. Туры почвенного дыхания лесной экосистемы ЛГ на участке с вышкой. Данных собрано достаточно много. И хотя итоговые сведения о потоках  $\text{CO}_2$  из лесных экосистем с вечной мерзлотой в работе отсутствуют, полученные сведения безусловно будут полезны при окончательной оценке бюджета углерода в результате стационарных исследований.

**Глава 10** (21 с.). Нетто-обмен  $\text{CO}_2$  в экосистемах лиственничных лесов на вечной мерзлоте (автор Ю. Накаи). Тема главы – одна из ключевых

в монографии. В далеком сибирском захолустье, в лесах на вечной мерзлоте, установлена 20-метровая деревянная вышка с современным метеорологическим оборудованием, позволяющая к тому же измерять практически непрерывно газообмен  $\text{CO}_2$  в лесной экосистеме. О важности данных говорить не приходится – в мире подобные вышки наперечет. Вышка установлена в древостое № 5 (CF).

Ю. Накаи описывает возможности получения данных, приводит в табличной и графической формах сведения о дневной и сезонной динамике климатических показателей и, самое главное, – данные о чистой первичной продукции углерода. За вегетационный период (91 день) она оказалась равна  $0.76\text{--}0.78 \text{ т С га}^{-1}$ . Максимальный прирост продукции в день –  $20 \text{ кг С}$ . Полученные данные автор сравнивает с аналогичными обзорными материалами и объясняет причину различий. Текст и компоновка данных великолепны. В заключении автор ставит задачи на будущее.

**Глава 11** (24 с.). Судьба растворенного органического углерода (РОУ) в экосистемах лиственницы (авторы А.С. Прокушкин, С. Хобара, С.Г. Прокушкин). Авторы получили очень интересные данные о содержании углерода в воде, вытекающей из экосистем ЛГ, расположенных на наклонных поверхностях ландшафтов изучаемых участков в районе пос. Туры. Но коротко рассказать о происхождении РОУ, его участии в составе вымываемых веществ, доли в органике подстилки, почвы и вымываемых растительных остатках авторам не удалось. Текст многословен и не отшлифован. Неясно, участвует ли (и если да, то в какой мере) в результатах измерений поверхностный сток или имеется в виду только внутрпочвенный сток.

Что касается дальнейшей судьбы растворенного органического углерода, то она в значительной мере предопределена авторами – он перемещается из насыщенных водой почв во время таяния снегов, дождевых паводков и менее интенсивных дождей в ручьи, реки, реки и океан. Прослеживается его сезонная динамика.

**Глава 12** (15 с.). Динамика почвенного азота в экосистемах лиственницы (авторы Н. Токучи, М. Хиробе, К. Кондо, Х. Арай, С. Хобара, К. Фукушима, Ю. Мацуура). Основная задача исследования – определить, является ли содержание и динамика почвенного азота лимитирующим фактором в продуктивности древостоев ЛГ.

Для решения вопроса в 2002–2004 гг. на одной из экспериментальных площадок в 105-летнем древостое было проведено соответствующее ис-

следование. Как и предполагали авторы главы, неорганический азот оказывает лимитирующее влияние на образование продукции экосистемы. Предлагается в дальнейшем провести исследование его динамики с использованием изотопного ( $^{15}\text{N}$ ) метода.

**Глава 13** (25 с.). Гидрологические аспекты сибирского лиственничного леса (автор Т. Охта). Приводятся результаты гидрологических исследований, выполнявшихся автором в районе Якутска ( $62^\circ$  с.ш.,  $129^\circ$  в.д.) с помощью 32-метровой вышки в древостое лиственницы Каяндера в течение 8 лет (1998–2006 гг.).

Это крайне важное, во многом новаторское исследование целесообразно знать и учитывать всем лесным специалистам, в той или иной мере интересующимся водным режимом лесов и его влиянием на их продуктивность. Глава написана очень профессионально и компактно.

Следует с сожалением отметить, что автор, вероятно, незнаком с давними работами Л.К. Позднякова по водному режиму лиственничных лесов этого региона (в ссылках на литературу фамилия Л.К. Позднякова отсутствует).

### ЧАСТЬ III. СРЕДА И ФИЗИОЛОГИЯ ДЕРЕВА

**Глава 14** (15 с.). Фотосинтетические характеристики деревьев и кустарников, растущих на северных и южных склонах в Средней Сибири (авторы Т.Койке, С. Мори, О.А. Зырянова, Т. Каджимото, Ю. Мацуура, А.П. Абаимов). На Эвенкийском стационаре выполнены и частично опубликованы в данной главе результаты изучения фотосинтетической деятельности различных видов деревьев, кустарников и кустарничков, растущих на южных и северных склонах экосистем ЛГ. В частности, приведены световые кривые охвоенных ветвей *Larix gmelinii*, *Picea obovata*, *Juniperus* sp., ветвей и частей растений *Betula pendula*, *B. nana*, *Duschekia* sp., *Salix* sp., *Lonicera* sp., *Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum* sp. Полученные сведения заслуживают самой высокой оценки.

Сопоставление фотосинтетической деятельности растущих в разных лесорастительных условиях растений позволило авторам сделать ряд констатационных выводов и предположить, что растениям региона глобальные изменения сулят лучшее будущее.

**Глава 15** (14 с.). Дыхание деревьев лиственницы (авторы С. Мори, С.Г. Прокушкин, О.В. Мясгина, Т. Веда, А. Осава, Т. Каджимото). Для изучения дыхания целых интактных деревьев было разработано специальное устройство – надеваю-

щаяся на дерево непрозрачная цилиндрическая камера диаметром 1.2 м с меняющейся высотой (от 4 до 9 м в зависимости от высоты дерева), в которой можно было изучать газообмен растения без его повреждения. По сути, был разработан полевой вариант фитотрона специального назначения.

С помощью этого высокотехнологичного устройства С. Мори с помощниками изучал надземное темновое дыхание лиственниц Гмелина на участке с 220-летним разновозрастным древостоем. Исследование 6 разных по высоте деревьев ЛГ длилось 4 вегетационных периода.

В переводе на гектар траты углерода на темновое дыхание составили  $0.8 \text{ т С га}^{-1} \text{ год}^{-1}$ . Они оказались очень близки данным нетто-газообмена 105-летнего древостоя (гл. 10). Столь высокие расходы углерода объясняются достаточно просто: дыхание деревьев в темноте существенно выше, чем дыхание на свету. Дело в том, что в светлое время дня выделяющаяся при дыхании хвои углекислота перехватывается хлоропластами клеток мезофилла хвоинок и используется при фотосинтезе. Вследствие этого световое дыхание значительно меньше темнового, особенно на севере. Насколько? Какую поправку нужно ввести в полученные авторами данные? Это еще предстоит узнать.

Сказанное в предыдущем абзаце не умаляет значения полученных данных по темновому дыханию. Пройден очень важный этап исследований, и авторы вполне справедливо отмечают, что надземное дыхание древостоя лиственницы является главным расходным компонентом в балансе потоков углерода.

**Глава 16** (28 с.). Развитие корневой системы деревьев лиственницы, растущих в условиях сибирской вечной мерзлоты (автор Т. Каджимото). В обычных лесах определение массы корней примерно на два порядка сложнее, нежели в надземной части древостоев. В лесах на вечной мерзлоте этот процесс еще более трудоемок. Т. Каджимото изучал корневые системы деревьев ЛГ и ЛК во всех лесах, детально обсуждаемых в монографии, однако данные гл. 16 относятся к раскопкам корней только в четырех древостоях в районе пос. Туры: 26-летнему молодняку, двум 105-летним лиственничникам и 220-летнему разновозрастному древостою. На этих участках вручную были раскопаны корни 31 дерева. Выполнена чрезвычайно трудоемкая работа. В условиях вечной мерзлоты она осложнена непродолжительным периодом работы, неравномерностью оттаивания

микрорельефа и накоплением в микропонижениях воды.

Результаты исследования многогранны. Выявлена приуроченность корней к температурным условиям почвы, элементам микрорельефа, водному режиму, соседству других корней, возрастная (в том числе послепожарная) динамика роста, отмирание скелетных и появление придаточных корней.

К сожалению, остались пока вне рассмотрения мертвые корни, их биомасса и хотя бы ориентировочная скорость разложения корней разной величины.

Т. Каджимото зарисовал горизонтальное распределение корневых систем лиственницы Гмелина и на основе полученных данных разработал “индекс использования корнями подземного пространства” (root area index, RAI), аналогичный наземному индексу (CAI)<sup>1</sup>.

Сопоставление возрастной динамики величин RAI и CAI привело автора к очень важному выводу о том, что отпад деревьев может быть вызван не затенением крон, а конкуренцией между корневыми системами.

**Глава 17** (15 с.) Сезонные изменения радиального роста ствола лиственницы Гмелина в Средней Сибири в связи с климатическими изменениями (авторы К. Ясуе, Дж. Кууянсу, Т. Каджимото, Ю. Накаи, Т. Койке, А.П. Абаймов, Ю. Мацуура). Изучение вопроса происходило на четырех участках Эвенкийского стационара и длилось два года. Для выявления закономерностей, выходящих за рамки достаточно банальных взаимосвязей, такого срока, казалось бы, явно недостаточно. Тем не менее, авторам удалось получить крайне интересные научные данные, заслуживающие пристального внимания.

В частности, обнаружена слабая корреляционная связь ширины годичного кольца с летними температурами (см. гл. 18). Реакция дерева на осадки также оказалась несравненно сложнее зависимостей, ранее обнаруженных дендрохронологами. Основную роль в формировании плотности древесины играли зимние и майские осадки. Задержка снеготаяния ранней весной оказывала угнетающее воздействие на прирост и приводила

к снижению аккумуляции углерода стволов лиственницы, растущей на вечной мерзлоте. Данные хорошо документированы и великолепно обработаны. Материалы главы заслуживают очень высокой оценки. В дальнейшем, если подобные работы будут проводиться, целесообразно обратить внимание на жизненное состояние деревьев, взятых для анализа (или на их принадлежность к тому или иному классу Крафта), что особенно важно в сомкнутых древостоях с явно выраженной дифференциацией особей.

**Глава 18** (17 с.). Дендрохронология деревьев лиственниц, растущих на сибирской вечной мерзлоте (авторы Е.А. Ваганов и А.В. Кирдянов). Цель главы – проанализировать климатические особенности различий в формировании годичного кольца лиственниц, растущих в Сибири на вечной мерзлоте, и рассмотреть применение дендрохронологической методологии к исследованиям природных изменений. Приведены результаты исследований ширины годичного кольца, плотности и клеточной структуры стволовой древесины *Larix sibirica* и *L. gmelinii* на территории Красноярского Заполярья (преимущественно к востоку от р. Енисей).

Показано, что основным природным фактором, регулирующим рост трахеид и годичного кольца в целом, в лесотундре и северной тайге являются летние температуры. Большое влияние на радиальный прирост древесины оказывают послепожарные нарушения мерзлоты и другие сопутствующие изменения лесных экосистем и окружающей среды. Авторы считают, что для лучшего понимания все более усиливающихся антропогенных воздействий необходимы дальнейшие исследования.

#### ЧАСТЬ IV. СРАВНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ И ИХ РЕАКЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Две последующие главы (19 и 20) не рассматриваются мною по разным причинам, в том числе вследствие недостатка знаний, необходимых для оценки кратко изложенных сведений о лесах и плантациях лиственниц за пределами России. Укажу лишь названия основных разделов глав.

**Глава 19** (17 с.). Характеристика лиственничных лесов в Северном Китае, в горах Даксингана (Ф. Ши, К. Саса, Т. Койке). Разделы: 19.1. Введение. 19.2. Подходы к изучению биомассы, чистой первичной продукции и лесовосстановления. 19.3. Биомасса, продуктивность и чистая первичная продукция. 19.4. Восстановление лесов с доминированием лиственницы после пожаров. 19.5. Заключение. Список литературы.

<sup>1</sup> При картировании распределения корней автор использовал предложенный им ранее “срединный метод”. Согласно методу, непосредственного учета тонких по размеру корней, ответвляющихся от “латеральных”, не производится и считается, что они заполняют 30-сантиметровую зону в горизонтальной плоскости бокового корня. Поскольку в действительности это пространство может быть заполнено лишь частично, применение метода могло завысить массу тонких корней в гл. 6.

**Глава 20** (27 с.). Динамика углерода в листовых плантациях Северо-восточного Китая и Японии (М. Йомура, В.Дж. Вонг, О.В. Масягина, С. Хомма, Ю. Каназава, Ю.Г. Зу, Т. Койке). Разделы: 20.1. Введение. 20.2. Описания участка. 20.3. Биомасса и чистая первичная продукция. 20.4. Фотосинтез и автотрофное дыхание. 20.5. Среда и почвенное дыхание. 20.6. Заключение. Список литературы.

**Глава 21** (13 с.). Роль эктомикоризы в бореальных лесных экосистемах (авторы Л. Ку, К. Мамото, Д.С. Чои, А.М. Квореши, Т. Койке). Содержание главы представляет собой высококвалифицированный обзор литературы, полностью соответствующий названию главы. Наиболее важной информационной частью является характеристика физиологической роли микоризы в жизни деревьев. Ее способность существенно увеличивать поглощение N, P, K, Ca, S и других питательных элементов почвы особенно важна в лесах на вечной мерзлоте, где деревья обычно испытывают их недостаток. Микориза достаточно холодостойка, и этот фактор лесов на вечной мерзлоте не является ограничителем ее распространения. Лесные пожары повреждают гифы микоризы, но взаимосвязь их повреждения с общим распространением эктомикоризных грибов недостаточно известна. Повышение концентрации углекислоты положительно влияет на рост микоризы, а следовательно, и на аккумуляцию углерода в листовых плантациях на мерзлоте.

**Глава 22** (20 с.). От зон растительности к климатипам: эффект потепления климата на сибирские лесные экосистемы (авторы Н.М. Чебакова, Г.Е. Рехфельд, Е.И. Парфенова). В главе детально рассмотрена одна из важнейших проблем современности. Авторы на простых и доступных для понимания примерах методично доказывают неизбежность смены географических границ разных типов растительности при продолжении современных темпов глобальных изменений. С общими тенденциями реакции растительности невозможно не согласиться.

Что касается самих моделей, то в них еще остались возможности для совершенствования прогнозов. Стоит, например, учесть значимость высоты Солнца на разных широтах. Она в значительной мере определяет максимальную плотность полога древостоев на вечной мерзлоте (см. табл. 4.4. в гл. 4), что немаловажно при обсуждении возможности замены ЛГ другими видами деревьев.

Сомневаясь в реальности прогнозируемой к 2090 г. кардинальной смены растительности, я исхожу из предположения, что человечество в

ближайшие 10–20 лет сможет договориться об эффективных совместных действиях по изменению не только темпов, но и направления глобальных тенденций. Усилия ООН в этом отношении усиливаются, и есть надежда, что перед лицом всеобщей опасности разум возобладает.

Что касается региона вечной мерзлоты, то, помимо высоты Солнца, есть обстоятельства, препятствующие реализации предсказанных изменений или, по крайней мере, смягчающие их эффект. Дело в том, что одновременно с постепенным оттаиванием мерзлоты, содержащей огромные запасы воды, вглубь оттаявшего грунта будут проникать всасывающие корни листовых растений и удовлетворять потребность дерева в воде. Кроме того, капиллярная кайма воды, содержащейся в оттаявшей мерзлоте, поднимется к теряющим влагу верхним слоям почвы, что также поможет обеспечивать деревья водой с растворенными в ней минеральными элементами.

В дополнительном подземном обеспечении корней водой играют роль и микоризные грибы, гифы которых в десятки раз увеличивают поверхность корней (гл. 21).

Считаю, что реальный водный режим деревьев в зоне вечной мерзлоты к концу XXI века будет более благоприятным, чем предполагается в современной модели.

**Глава 23** (10 с.). Эффекты повышенного содержания CO<sub>2</sub> на экофизиологическую реакцию естественно произрастающих видов листовых растений в Северо-Восточной Евразии (авторы Т. Койке, К. Язаки, Н. Егучи, С. Китаока, Р. Фунада). Для выяснения экофизиологической реакции *Larix sibirica* и *L. gmelinii* на атмосферное повышение концентрации CO<sub>2</sub> в Японии из семян были выращены в фитотроне, совместно с японской листовыми растениями *L. kaempferi*, их 1–2-летние сеянцы. Эксперимент предусматривал нормальную и удвоенную концентрацию CO<sub>2</sub>, хорошее и скудное минеральное питание и достаточно высокую освещенность, позволяющую изучать световые кривые фотосинтеза.

Результаты исследований реакции сеянцев ЛГ показали, что эффективность использования воды и азота, а также ширина годового кольца при увеличении дозы CO<sub>2</sub> возрастают, толщина клеточных стенок не меняется, фотосинтетическая способность увеличивается, но, при ограниченном питании, ненадолго. Есть предположения о более высокой доступности минерального питания при увеличенном содержании CO<sub>2</sub> (возможно, это связано с деятельностью эктомикоризы).



## ЧАСТЬ V. СИНТЕЗ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Глава 24** (23 с.). Характеристики лесов Сибири на вечной мерзлоте и потенциальные реакции на потепление климата (авторы А. Осава, Ю. Мацуура, Т. Каджимото). Целью главы, как сообщают авторы, является синтез того, что опубликовано в предшествующих главах, чтобы обсудить: 1) основные характеристики структуры, функций и хода развития лиственных лесов, растущих на вечной мерзлоте; 2) как потепление климата может повлиять на изменение структуры и функций лесов рассматриваемой зоны.

**В первом разделе** кратко рассматриваются данные о развитии древостоев после пожаров, меняющих глубину оттаивания мерзлоты и, более подробно, бюджет углерода (С) на участке с 105-летним древостоем ЛГ (участок с вышкой). Поскольку в нем рассматривался преимущественно бюджет С для живой части древостоев, то в заключительную главу добавлены многие другие сведения: С подстилки, С крупных растительных остатков, С активного слоя почвы и С надземной биомассы нижних ярусов, полученные в других лесных экосистемах района Туры. Эти важнейшие компоненты экосистем содержат более 80% углерода в любом древостое ЛГ. Параметры каждого из добавленных компонентов могут отличаться от первоначально изучавшегося участка.

**Во втором разделе**, гораздо более обширном, обсуждается реакция лиственничников Средней и Северо-Восточной Сибири на потепление климата. Авторы принимают без замечаний и кратко повторяют прогноз Н.М. Чебаковой о зональных изменениях. В отношении ситуации в районе Туры предполагается, что экосистемы ЛГ северных склонов к 2090 г. станут близки к нынешним экосистемам на южных склонах. Резко усилится протаивание мерзлоты (рис. 24.5, с. 469). Лиственные экосистемы на южных склонах, полагают авторы, изменятся гораздо сильнее и превратятся в смешанные леса.

Вполне согласен с авторами, что тенденции именно таковы. Но чтобы эскизные схемы превратились в научно обоснованные положения, необходимы, в частности, математические расчеты величины оттаивания мерзлоты на склонах разной экспозиции и крутизны. Считаю, что для серьезного прогноза требуется огромная работа в течение длительного времени. Это может быть осуществлено лишь в дополнительном специальном исследовании.

Почему-то в заключительной части монографии не упомянуто итоговое отношение авторов к вычленению из бореальных лесов самостоятельного мерзлотного биома. Не повлияло ли содержание

главы 22 на изменение позиции, высказанной в общем введении в качестве основной? Это осталось неизвестным для читателей.

**Заключительная часть рецензии**

В предисловии к монографии редакторы предупреждают читателей, что книга не дает полного представления о лиственных лесах Сибири на вечной мерзлоте. Она лишь рассматривает имеющиеся знания по древостоям и добавляет некоторую новую информацию, которая в свою очередь возбуждает вопросы, требующие ответа. Учтем сказанное.

При проработке книги возникли замечания, основная часть которых рассмотрена при характеристике содержания глав. Некоторые из них целесообразно вынести в итоговую часть рецензии.

**1. Постоянные пробные площади для стационарных исследований.** Именно от их характеристик зависели параметры всех новых фактических данных, которые содержатся в книге. На начальном этапе работы японские ученые едва ли могли понимать, являются ли репрезентативными для региона в целом избранные ими экосистемы с преимущественно одновозрастными древостоями, их очень низкой продуктивностью и сотнями тысяч лиственниц послепожарного возобновления на единице площади (гл. 6). Что касается качества описания древостоев, то опубликованный вариант не заслуживает высокой оценки.

Было бы очень полезно в дальнейшем посвятить детальному описанию постоянных пробных площадей отдельную главу, приведя в ней информацию не только о живой части древостоев, но и о мертвой, а также о подросте, подлеске, кустарничках, травах, мхах, лишайниках, почве – т.е. обо всем том, что должно характеризовать лесные экосистемы в начале их исследований.

**2. Биомасса и надземная чистая первичная продукция (ANPP).** Были приведены сведения об этих показателях только для древостоев (гл. 6). Остались неучтенными данные о нижних ярусах леса. В перегущенных молодняках на вечной мерзлоте их величина ничтожна, но в лесах со спелыми древостоями она достаточно велика. Пренебрежение нижними ярусами привело к тому, что опубликованные параметры биомассы и ANPP лиственничников оказались существенно занижены. Чем дальше к северу и чем ниже бонитет, тем больше занижение.

**3. Биомасса и функции корневых систем.** Доля корневых систем в сформировавшихся на мерзлоте древостоях лиственницы (пр.пл. №№ 3-8) явно превышает наблюдаемую в более южных бореальных лесах. Сомнений в этом нет,

причины также ясны. Абсолютные цифры могут в действительности быть несколько ниже из-за специфики использованной Т. Каджимото методики (гл. 6, 16), но выявленные общие закономерности бесспорны. К сожалению, остаются неизвестными параметры массы физиологически активных сосущих корней, обеспечивающих минеральное питание деревьев. Их определение – одна из важнейших задач последующих исследований.

**4. Структура и формирование лесов.** В монографии обсуждался лишь вариант образования одновозрастных древостоев (гл. 7). Насколько распространены подобные спелые леса? Материалы используемых пока методов лесной инвентаризации не дают представления об этом. Как явствует из опубликованной ранее книги А.П. Абаимова с соавторами (1997), они редки. Опубликованные и неопубликованные материалы рецензента подтверждают эту точку зрения.

**5. Пожары.** Значение пожаров в жизни лиственничников в той или иной мере анализировалось почти во всех главах монографии. Две главы (4 и 5) полностью посвящены обсуждению роли этого фактора. Можно утверждать, что и без дальнейшего изучения пожаров другими авторами (а оно неизбежно) публикация монографии “закрывает” вопрос об их значении для региона вечной мерзлоты: *без пожаров не было бы и формации лиственничников*. Это очень важный вывод.

**6. Физиологические исследования.** В главах 9, 10, 14, 15, 17, 23 и отчасти в главе 21 содержатся ранее неизвестные сведения о физиологии лиственницы Гмелина.

Важна не только сама информация о результатах исследований фотосинтеза, дыхания и роста особей и экосистем лиственницы, но и методы, с помощью которых получены эти результаты. Они также во многом новы и не использовались в России. Исследования требуют продолжения.

**7. Эффекты глобального изменения.** Главы монографии, посвященные этой очень важной проблеме, различны по значению. Н.М. Чебакова с соавторами представила в гл. 22 результаты своей длительной научной проработки о возможности наиболее сильного эффекта изменений в растительности. Авторы опубликовали свою точку зрения.

А. Осава, Ю. Мацуура и Т. Каджимото приняли положения главы 22 о зональных изменениях как единственный вариант и постарались внести свою лепту в описание характера изменения растительности применительно к географическим условиям Туры и полученным при собственных многолетних исследованиях результатам.

Поскольку модельная проработка влияния глобального потепления на лиственничники Туры авторами главы 24 не была осуществлена, то обрисованные ими вполне правдоподобные изменения характеристик и функций растительности не могут быть приняты в качестве строго научных. Необходимы дополнительные камеральные исследования и расчеты. Целесообразна также и проработка альтернативных вариантов.

**8. Обоснование выделения мерзлотного биома.** Во вводной 1-й главе руководители проекта обращали внимание на важность выделения самостоятельного мерзлотного биома. Помня об этом, авторы всех последующих глав подчеркивали специфичность, своеобразие, отличие результатов, полученных в лесах вечной мерзлоты, от более южных бореальных лесов, включая лиственничники.

К этому стоит добавить, что Л.К. Поздняков еще 30 лет назад доказал необходимость специфического хозяйствования в лесах вечной мерзлоты и выделил из общего лесоведения раздел мерзлотного лесоведения. Казалось бы, в заключительной главе японским авторам было бы более чем уместно поставить точку в решении вопроса о мерзлотном биоме. Этого не было сделано. Жаль.

**Общая оценка книги.** В целом, несмотря на сделанные замечания (в действительности их гораздо больше) и ощущаемую необходимость в дальнейших разработках, монография производит впечатление уникальности набором разносторонних современных подходов (в том числе IT), использованных для исследования структуры, роста и функционирования лиственничных лесов на вечной мерзлоте. Это подтверждается количеством глав с новыми фактическими данными. Их, по меньшей мере, семнадцать из двадцати четырех: 2, 4, 5, 7–17, 21–23.

Книга “напичкана”, набита важной и во многом новой для русского читателя информацией. В ней, без учета повторов, приведены ссылки на 1023 литературных источника. Среди них нет “пустышек” – работ, которые приводятся ради числа. Авторы умело используют литературу для доказательства своих целей. Издание содержит не только черно-белые рисунки и фотографии – в нем имеется блок необходимых цветных изображений. К сожалению, в книге нет глоссария. Он был бы весьма полезен.

В.А. Алексеев

E-mail: alexlyen2007@mail.ru