

ЭКОЛОГИЯ



УДК 630*231

В.А. Усольцев, М.П. Воронов, В.П. Часовских, А.А. Маленко
V.A. Usoltsev, M.P. Voronov, V.P. Chasovskikh, A.A. Malenko

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЧИСТОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ 5-ХВОЙНЫХ СОСНЯКОВ (КЕДРОВНИКОВ) НА ТЕРРИТОРИИ АЗИИ

GEOGRAPHIC PATTERNS OF SPECIFIC NET PRIMARY PRODUCTION IN 5-NEEDED PINE FORESTS IN ASIA

Ключевые слова: *Pinus sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* S. et Z., *P. pumila* (Pall.) Regel), удельная чистая первичная продукция, географические закономерности, фитомасса насаждений, фракции фитомассы, регрессионные модели, морфометрические показатели, зональные пояса, интенсивность круговорота веществ, скорость обновления органического вещества.

Удельная чистая первичная продукция (УдЧПП), как отношение чистой первичной продукции древостоя к его фитомассе, характеризует скорость обновления органического вещества в фитомассе и, следовательно, интенсивность круговорота веществ. Получены первые данные о структуре УдЧПП кедровых сосен и выявлены некоторые межвидовые соотношения названных показателей. Эти соотношения не являются инвариантными и видоспецифичны в зависимости от рассматриваемого показателя. Установлено, что в возрастном диапазоне от 20 до 220 лет происходит снижение УдЧПП в древостоях кедров сибирского и корейского. По экорегионам наблюдается последовательное увеличение показателя в направлении от средней тайги Урала (2,9%) к южной тайге Западной Сибири (3,1%) (кедр сибирский), далее – к южной тайге (5,4%) и затем к хвойно-широколиственным лесам (5,8%) Китая (кедр корейский). Таким образом, в направлении от Урала до Китая происходит удвоение УдЧПП кедровников. По фракционному составу наибольшая скорость обновления органического вещества в фитомассе и, следовательно, интенсивность круговорота веществ у кедров сибирского в возрасте

100 лет свойственны хвое (21,5-22,1%), существенно ниже (3,0-4,3%) по ветвям и корням и наименьшие – по стволам (1,5-1,8%). Аналогичные показатели у кедров корейского составляют, соответственно, 27,4-47,7; 3,2-3,5 и 3,3-3,4%. В 100-летнем кедровостланнике на Колыме УдЧПП по общей фитомассе в 3,5 раза превышает аналогичный показатель у кедров сибирского и вдвое – у кедров корейского. В 200-летнем возрасте превышение кедров корейского над сибирским по УдЧПП варьирует от 2- до 3-кратного. В 40-летнем возрасте по общей УдЧПП кедровостланники превышают кедров сибирский и корейский, соответственно, в 2,5 и 1,4 раза.

Keywords: *Pinus sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* S. et Z., *P. pumila* (Pall.) Regel), specific net primary production, geographic patterns, stand phytomass, phytomass fractions, regression models, morphometric indices, zonal belts, intensity of matter cycling, organic matter renewal rate.

Specific net primary production (SNPP), as the ratio of net primary production of stand to its biomass, characterizes organic matter renewal rate in biomass and hence the intensity of matter cycling. The first data on SNPP structure in 5-needled pine forests are obtained and some interspecific relations of these indices are revealed. These ratios are not invariant but are species-specific depending on some indices. It is found that in the age range from 20 to 220 years SNPP of *Pinus sibirica* and *P. koraiensis* declines. In the eco-regions, there is consistent increase of SNPP in the direction of the middle taiga of the Urals (2.9%) (*P. sibirica*) to the southern taiga

of West Siberia (3.1%) (*P. sibirica*) and then to southern taiga of China (5.4%) (*P. koraiensis*) and to the coniferous-broadleaf forests of China (5.8%) (*P. koraiensis*). Thus, in the direction from the Urals to China there is the doubling SNPP of 5-needled pine forests. In terms of the fractional composition, the highest renewal rate of organic matter in the biomass and hence the intensity of matter cycling in 100-year-old *P. sibirica* forests there is in the needles (21.5-22.1%), considerably lower in branches and roots (3.0-4.3%) and the smallest one in stems

(1.5-1.8%). The same indices in 100-year-old *P. koraiensis* forests are correspondingly 27.4-47.7%; 3.2-3.5% and 3.3-3.4%. In the 100-year-old *P. pumila* forests at the Kolyma SNPP by total biomass in 3.5 times higher than that in *P. sibirica* and have half in *P. koraiensis* forests. In the 200-year-old forests SNPP in *P. koraiensis* is more than in *P. sibirica* from 2- to 3-fold. At the age of 40 years *P. pumila* forests exceed *Pinus sibirica* and *P. koraiensis* in total SNPP respectively 2.5 and 1.4 times.

Усольцев Владимир Андреевич, д.с.-х.н., проф., Засл. лесовод России, Уральский государственный лесотехнический университет; гл. н.с., Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург. Тел.: (343) 354-61-59. E-mail: Usoltsev50@mail.ru.

Воронов Михаил Петрович, к.т.н., проф., каф. менеджмента и управления качеством, Уральский государственный лесотехнический университет. Тел.: (343) 375-51-40. E-mail: mstrk@yandex.ru.

Часовских Виктор Петрович, д.т.н., проф., Засл. работник высшей школы РФ, директор, Институт экономики и управления, Уральский государственный лесотехнический университет. Тел. (343) 261-46-44. E-mail: u2007u@ya.ru.

Маленко Александр Анатольевич, д.с.-х.н., зав. каф. лесного хозяйства, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-63-52. E-mail: malenko51@mail.ru

Usoltsev Vladimir Andreyevich, Dr. Agr. Sci., Prof., Ural State Forestry Engineering University; Chief Staff Scientist, Botanical Garden, Ural Branch, Rus. Acad. of Sci., Yekaterinburg. Ph.: (343) 354-61-59. E-mail: Usoltsev50@mail.ru.

Voronov Mikhail Petrovich, Cand. Tech. Sci., Ural State Forestry Engineering University. Ph.: (343) 375-51-40. E-mail: mstrk@yandex.ru.

Chasovskikh Viktor Petrovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Director, Institute of Economics and Management, Ural State Forestry Engineering University. Ph.: (343) 261-46-44. E-mail: u2007u@ya.ru.

Malenko Aleksandr Anatolyevich, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Forestry, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-63-52. E-mail: malenko51@mail.ru.

Введение

Биологическая продуктивность лесов является одной из важнейших характеристик, которая лежит в основе функционирования лесных экосистем и используется в целях оценки углерододепонирующей емкости лесов, экологического мониторинга, устойчивого ведения лесного хозяйства, моделирования продуктивности лесов с учетом глобальных изменений, изучения структуры и биоразнообразия лесного покрова.

Биологическая продуктивность в нашем исследовании [1] понимается как совокупность трех количественных характеристик лесной экосистемы: фитомассы (т/га), чистой первичной продукции (ЧПП), определяемой как количество фитомассы, продуцируемой на единице площади за 1 год (т/га), и удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) как отношения ЧПП к величине фитомассы, выражаемого в относительных единицах или в процентах. УдЧПП является важной биопродукционной характеристикой лесных насаждений. Если известно отношение ЧПП к величине фитомассы, то можно получить не только значение ЧПП древостоя по известной его фитомассе, но и одну из важнейших характеристик функционирования лесных экосистем, поскольку УдЧПП характеризует

скорость обновления органического вещества фитомассы. Если ЧПП характеризует интенсивность фотосинтеза и депонирования углерода, то УдЧПП показывает удельную скорость процесса: как быстро «работает» или «превращается» 1 г вещества. Обратная величина – отношение фитомассы к ЧПП – показывает, за какое время поток ЧПП создает запас фитомассы [2]. Показатель УдЧПП в традиционной лесной таксации используется в виде процента текущего прироста по запасу стволовой древесины, представляющего собой частное от деления текущего объемного прироста древостоя на его запас, и выраженное в процентах [3].

Хотя в отношении биологической и экологической интерпретации понятия УдЧПП имеются некоторые неопределенности [4, 5], на сегодня опубликовано несколько работ, посвященных закономерностям изменения названного показателя в елово-пихтовых, лиственничных, двухвойных сосновых, берёзовых, осиновых (тополёвых) и дубовых древостоях [6-11] в трансконтинентальных климатических градиентах: по зональным поясам и степени континентальности климата. Показатели УдЧПП кедрового сибирского исследованы локально, лишь в уральском регионе [12, 13].

Анализируются географические закономерности изменения УдЧПП 5-хвойных сосняков (кедровников) в пределах территории Азии.

Объекты и методы исследования

Для анализа географических закономерностей распределения УдЧПП кедровых лесов Азии сформирована база данных [14] в количестве 50 пробных площадей с определениями на них УдЧПП и основных таксационных показателей древостоев кедровых сосен (5-хвойный подвид *Harpoxylon*, куда вошли кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour), кедр корейский (*P. koraiensis* S. et Z.) и кедровый стланик (*P. pumila* (Pall.) Regel). Распределение пробных площадей названных древостоев на карте-схеме Евразии показано на рисунке 1. Используемые методы регрессионного моделирования и структурирования исходных данных были описаны ранее [1].

Результаты и их обсуждение

Анализ показателей УдЧПП кедровников выполнен в трёх направлениях: 1) исследование межвидовых различий УдЧПП кедров

сибирского и корейского; 2) изменение УдЧПП кедровников по экорегионам Азии; 3) анализ УдЧПП кедрового стланика.

Исследование межвидовых различий в структуре УдЧПП кедров сибирского и корейского. Для анализа межвидовых различий кедров сибирского и корейского по УдЧПП использован многофакторный регрессионный анализ. При этом в регрессионные уравнения включена бинарная переменная X [1], посредством которой кодируется видовая принадлежность насаждений пробных площадей: X принята равной 0 для кедра сибирского и равной 1 – для кедра корейского. Принята структура уравнения:

$$\ln(RZ_i) = f(\ln A, X), \quad (1)$$

где A – возраст древостоя, лет;
RZ_i – УдЧПП *i*-й фракции (*RZ_S*, *RZ_F*, *RZ_B*, *RZ_R*, *RZ_U*, *RZ_A* и *RZ_T*, соответственно: ствол, хвоя, ветвей, корней, нижнего яруса, надземной и общей части), %.

Результаты расчета уравнения (1) для УдЧПП сведены в таблице 1. Путем табулирования уравнения составлена таблица возрастной динамики УдЧПП кедров сибирского и корейского (табл. 2).

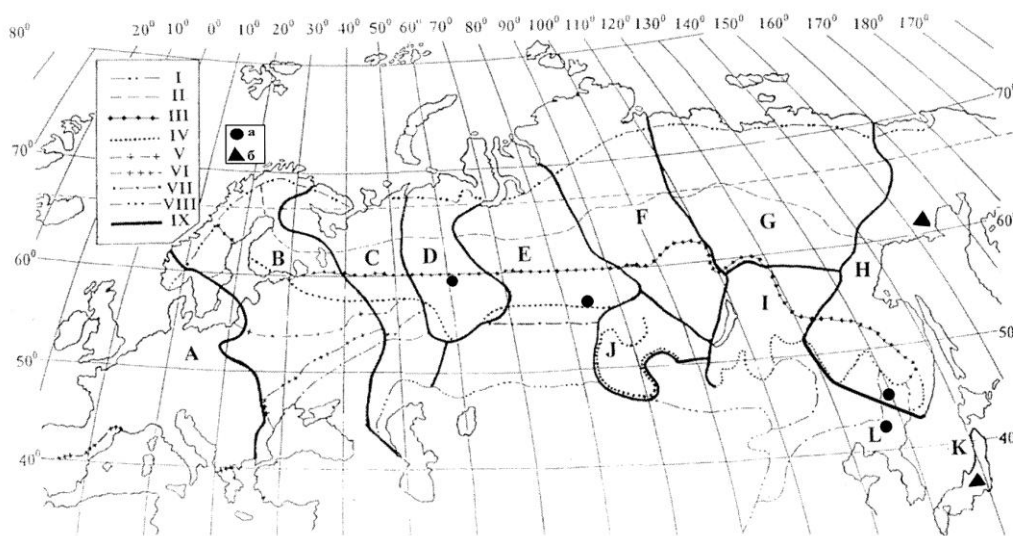


Рис. 1. Распределение экспериментальных данных о ЧПП насаждений кедровых сосен на схеме зонально-провинциального деления Евразии [15]; а – кедр сибирский и корейский; б – кедровостланики.

- I – южная граница тундры; II – южная граница подзоны северной тайги;
- III – южная граница подзоны средней тайги; IV – южная граница подзоны южной тайги;
- V – южная граница хвойно-широколиственных лесов; VI – юго-восточная граница широколиственных лесов; VII – южная граница лесостепи; VIII – южная граница степи;
- IX – границы лесохозяйственных провинций: А – Среднеевропейская; В – Скандинавско-Русская; С – Восток Русской равнины; D – Уральская; E – Западносибирская; F – Среднесибирская; G – Восточносибирская; H – Дальний Восток; I – Забайкальская горная; J – Алтае-Саянская горная; K – Японская; L – Юго-Восточная. Каждая точка на схеме соответствует одной или нескольким территориально сближенным пробным площадям

Таблица 1

Характеристика уравнений (1) для УдЧПП кедровников

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (1)			R ²	SE
	a ₀	a ₁ (lnA)	a ₂ X		
ln(RZ _с)	-0,4392	-0,8209	0,8092	0,965	0,14
ln(RZ _ф)	-3,3214	0,3919	0,6810	0,875	0,15
ln(RZ _б)	0,6763	-0,8881	0,0206	0,939	0,17
ln(RZ _р)	0,6770	-0,8494	-0,1870	0,974	0,13
ln(RZ _л)	-0,1444	0,0024	-0,7058	0,999	0,004
ln(RZ _а)	-0,5593	-0,5731	0,4513	0,703	0,33
ln(RZ _т)	-0,7025	-0,6091	0,6050	0,982	0,08

Таблица 2

Возрастная динамика УдЧПП кедров сибирского и корейского, %

Возраст, лет	Кедр сибирский						Кедр корейский					
	RZ _с	RZ _ф	RZ _б	RZ _р	RZ _а	RZ _т	RZ _с	RZ _ф	RZ _б	RZ _р	RZ _а	RZ _т
20	5,51	11,7	13,7	15,4	10,3	7,99	12,4	23,1	14,0	12,8	16,1	14,6
40	3,12	15,3	7,43	8,57	6,90	5,24	7,01	30,3	7,58	7,11	10,8	9,59
80	1,77	20,1	4,01	4,76	4,64	3,43	3,97	39,7	4,10	3,95	7,29	6,29
100	1,47	21,9	3,29	3,94	4,08	3,00	3,30	43,4	3,36	3,27	6,41	5,49
120	1,27	23,6	2,80	3,37	3,68	2,68	2,84	46,6	2,86	2,80	5,77	4,91
160	1,00	26,4	2,17	2,64	3,12	2,25	2,25	52,1	2,21	2,19	4,90	4,12
200	0,83	28,8	1,78	2,19	2,74	1,96	1,87	56,9	1,82	1,81	4,31	3,60
240	0,72	30,9	1,51	1,87	2,47	1,76	1,61	61,1	1,54	1,55	3,88	3,22

Судя по данным таблицы 2, УдЧПП кедр корейского превышает таковую кедр сибирского, а именно, по стволам, хвое, надземной и общей, соответственно, в 2,2; 2,0; 1,4 и 1,8 раза. Это означает, что скорость обновления органического вещества в фитомассе и, следовательно, интенсивность круговорота веществ у кедр корейского значительно выше по сравнению с кедром сибирским.

Изменение УдЧПП кедровников по экорегионам Азии. Чтобы «гармонизировать», или согласовать, между собой регрессионные модели УдЧПП насаждений для каждого экорегиона, их необходимо объединить в системе блоковых фиктивных переменных [1]. Материалы по кедром сибирскому и корейскому, как близким по морфоструктуре, объединены в один исходный массив, но расчлененный по экорегионам с соответствующими сдвигами, обеспечиваемыми блоковыми фиктивными переменными. После нанесения на схему зонально-провинциального деления территории экспериментальные данные распределены по экорегионам (рис. 1).

Все регионы закодированы соответствующими блоковыми фиктивными переменными (табл. 3). Каждый блок переменных (X₀, ..., X₃), представляющий группу пробных площадей, приходящуюся на данный регион, повторяется в исходной матрице экспериментальных данных столько раз,

сколько имеется пробных площадей в регионе.

Таблица 3

Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных о ЧПП кедров сибирского и корейского

Экорегион*	X ₁	X ₂	X ₃
УРср (<i>Pinus sibirica</i>)	0	0	0
ЗСюж (<i>P. sibirica</i>)	1	0	0
КИТюж (<i>P. koraiensis</i>)	0	1	0
КИТхш (<i>P. koraiensis</i>)	0	0	1

*Обозначения экорегионов: УРср – Уральская провинция, средняя тайга; ЗСюж – Западно-сибирская равнинная провинция, южная тайга КИТюж – Северо-Восточный Китай, южная тайга; КИТхш – Северо-Восточный Китай, хвойно-широколиственные леса.

Для регионального анализа УдЧПП кедровников принята структура уравнения, отличающаяся от (1):

$$\ln(RZ_i) = f(X_0, \dots, X_3, \ln A), \quad (2)$$

характеристика которого дана в таблице 4. Путем табулирования уравнений (2) по задаваемым значениям возраста древостоев составлена таблица возрастной динамики УдЧПП кедров сибирского и корейского по четырем экорегионам (табл. 5).

По данным таблицы 5 можно сделать вывод, что на всем исследованном возрастном интервале от 20 до 220 лет происходит снижение общей УдЧПП и УдЧПП составляющих фракций в древостоях кедр сибирского и корейского. По экорегионам наблюдается последовательное увеличение

ЭКОЛОГИЯ

УдЧПП в направлении от средней тайги широколиственным лесам (5,8%) Китая Урала (2,9%) к южной тайге Западной Сибири (3,1%) (кедр сибирский) и далее – к южной тайге (5,4%) и затем к хвойно-кедр корейский). Таким образом, в направлении от Урала до Китая происходит удвоение УдЧПП кедровников (рис. 2).

Таблица 4

Характеристика уравнений (2) для УдЧПП кедровников

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2)					R ²	SE
	a ₀	a ₁ (lnA)	a ₂ X ₁	a ₃ X ₂	a ₄ X ₃		
ln(RZ _S)	-0,2245	-0,8704	0,1919	0,8531	0,8211	0,963	0,16
ln(RZ _F)	-2,2397	0,1585	-0,0270	0,2145	0,7693	0,780	0,18
ln(RZ _B)	0,7319	-0,8988	-0,0951	0,0427	-0,0351	0,941	0,18
ln(RZ _R)	0,9273	-0,8844	-0,1535	-0,2597	-0,2605	0,967	0,17
ln(RZ _A)	-0,6077	-0,5579	-0,3240	0,4159	0,4497	0,711	0,34
ln(RZ _T)	-0,8124	-0,5930	0,0603	0,6286	0,6932	0,963	0,12

Таблица 5

Расчетные возрастные тренды УдЧПП кедровников

Возраст, лет	УдЧПП, %					
	RZ _S	RZ _F	RZ _B	RZ _A	RZ _R	RZ _T
Уральская провинция, средняя тайга						
20	5,89	17,12	14,08	10,24	17,87	7,51
40	3,22	19,11	7,55	6,95	9,68	4,98
60	2,26	20,38	5,24	5,55	6,76	3,91
80	1,76	21,33	4,05	4,72	5,24	3,30
100	1,45	22,10	3,31	4,17	4,30	2,89
120	1,24	22,74	2,81	3,77	3,66	2,60
160	0,96	23,80	2,17	3,21	2,84	2,19
200	0,79	24,66	1,78	2,83	2,33	1,92
220	0,73	25,04	1,63	2,69	2,14	1,81
Западно-сибирская равнинная провинция, южная тайга						
20	7,14	16,66	12,80	7,40	15,33	7,98
40	3,90	18,60	6,86	5,03	8,30	5,29
60	2,74	19,83	4,77	4,01	5,80	4,16
80	2,13	20,76	3,68	3,42	4,50	3,51
100	1,76	21,51	3,01	3,02	3,69	3,07
120	1,50	22,14	2,56	2,73	3,14	2,76
160	1,17	23,17	1,97	2,32	2,44	2,32
200	0,96	24,00	1,62	2,05	2,00	2,04
220	0,89	24,37	1,48	1,94	1,84	1,92
Северо-Восточный Китай, южная тайга						
20	13,82	21,22	14,69	15,52	13,78	14,08
40	7,56	23,68	7,88	10,54	7,47	9,33
60	5,31	25,25	5,47	8,41	5,22	7,34
80	4,14	26,43	4,23	7,16	4,04	6,19
100	3,41	27,38	3,46	6,32	3,32	5,42
120	2,91	28,18	2,94	5,71	2,83	4,87
160	2,26	29,50	2,27	4,86	2,19	4,10
200	1,86	30,56	1,85	4,29	1,80	3,59
220	1,71	31,03	1,70	4,07	1,65	3,40
Северо-Восточный Китай, хвойно-широколиственные леса						
20	13,39	36,95	13,59	16,05	13,77	15,02
40	7,32	41,24	7,29	10,90	7,46	9,96
60	5,15	43,98	5,06	8,70	5,21	7,83
80	4,01	46,03	3,91	7,41	4,04	6,60
100	3,30	47,69	3,20	6,54	3,32	5,78
120	2,81	49,09	2,72	5,91	2,82	5,19
160	2,19	51,38	2,10	5,03	2,19	4,38
200	1,80	53,23	1,72	4,44	1,80	3,83
220	1,66	54,04	1,57	4,21	1,65	3,62

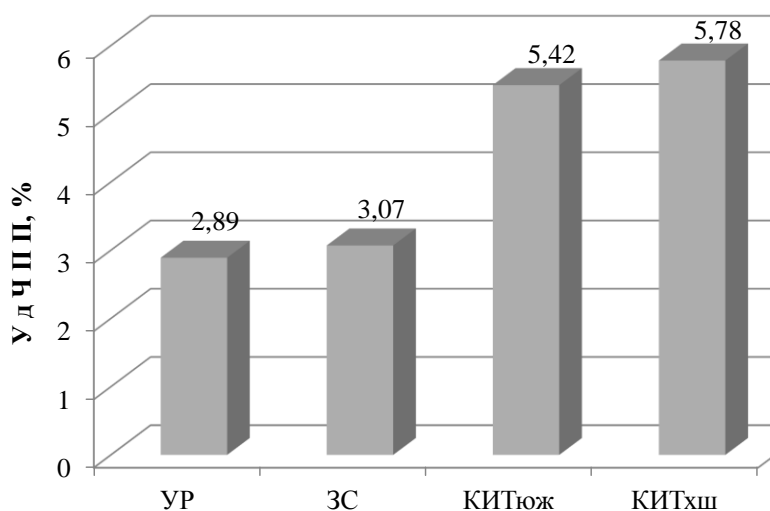


Рис. 2. Региональное изменение общей (надземной и подземной) УдЧПП кедровников в возрасте 100 лет. Обозначения см. в тексте (табл. 3)

Таблица 6

Фактические значения фитомассы и ЧПП кедровостлаников на Колыме и в Японии

№	Возраст, лет	Густота, тыс. шт./га	Высота, м	Запас, м ³ /га	Фитомасса, т/га			ЧПП, т/га				
					скелет*	хвоя	корни	всего	скелет*	хвоя	корни	всего
Панченко [16]												
Колыма. Плакоры. Кедровник на склоне. 240 м над ур. м. 60° с.ш., 151° в.д.												
1	90	7,075	2,8	65,0	36,1	3,1	11,0	50,2	4,59	0,614	0,122	5,33
Колыма. Плакоры. Кедровник на склоне. 266 м над ур. м.												
2	200	6,175	3,0	84,6	46,9	3,2	11,0	61,1	3,305	0,610	0,058	3,973
Колыма. Плакоры. Кедровник на склоне. 390 м над ур. м.												
3	200	11,475	1,4	28,1	15,56	2,1	5,2	22,86	1,232	0,335	0,026	1,593
Колыма. Речная долина. Кедровостланиковый подлесок под пологом лиственницы.												
4	40	0,700	2,2	6,90	3,82	0,10	0,15	4,07	0,013	0,018	0,004	0,035
5	54	5,875	2,0	85,3	47,25	1,01	1,92	50,2	0,120	0,159	0,035	0,314
6	35	7,200	1,7	36,2	20,06	0,55	0,61	21,2	0,073	0,106	0,018	0,197
7	48	0,270	1,1	1,60	0,89	0,012	0,015	0,917	0,0022	0,0026	0,0003	0,0051
Kajimoto et al. [17]												
Префектура Нагано, гора Кинпу. 2595 м над ур. м. 37° с.ш., 138° в.д.												
8	39	210,0	0,40	22,9	12,7	7,8	11,8	32,3	0,326	2,60	1,69**	4,62
9	26	330,0	0,30	11,2	6,2	5,6	5,77	17,6	0,238	1,87	1,03**	3,14
10	55	140,0	0,70	40,4	22,4	10,4	20,8	53,6	0,407	3,47	2,46**	6,34
11	37	130,0	0,50	30,9	17,1	9,7	15,9	42,7	0,462	2,42	1,71**	4,59
12	36	320,0	0,40	33,0	18,3	12,6	17,0	47,9	0,508	3,15	2,01**	5,67
13	38	230,0	0,50	42,8	23,7	15,8	22,0	61,5	0,624	3,95	2,54**	7,11

*Скелет – это суммарный показатель стволов и ветвей; **данные получены расчетом.

По фракционному составу наибольшая скорость обновления органического вещества в фитомассе и, следовательно, интенсивность круговорота веществ у кедра сибирского в возрасте 100 лет свойственны хвое (21,5-22,1%), существенно ниже (3,0-4,3%) по ветвям и корням и наименьшие – по стволам (1,5-1,8%). Аналогичные показатели у кедра корейского составляют, соответственно, 27,4-47,7; 3,2-3,5 и 3,3-3,4%.

УдЧПП насаждений кедрового стланика. В имеющихся публикациях по кедровостланикам (*Pinus pumila*) оценивалась чаще только фитомасса и редко – фитомасса и ЧПП. Есть лишь два исследования ЧПП и фитомассы в кедровостланиках (табл. 6): одно в России Т.М. Панченко [16] и одно в Японии [17]. УдЧПП хвои и общая в кедровостланиках Японии превышают таковые на плакорах Колымы в 1,6 раза. При одинако-

вом возрасте кедровостлаников под пологом лиственницы на Колыме и на верхней границе леса в Японии общая УдЧПП кедровостлаников Японии превышает таковую кедровостлаников под пологом лиственницы на Колыме в 18 раз.

В частности, в 100-летнем возрасте УдЧПП по общей фитомассе в кедровостланике на Колыме в 3,5 раза превышает аналогичный показатель у кедра сибирского и вдвое – у кедра корейского. В 200-летнем возрасте превышение кедра корейского над сибирским по УдЧПП варьирует от 2- до 3-кратного. В 40-летнем возрасте по общей УдЧПП кедровостланики превышают кедры сибирский и корейский, соответственно, в 2,5 и 1,4 раза.

В кедровостланиковом 35-54-летнем подлеске, подверженном угнетению со стороны верхнего полога лиственницы, УдЧПП кедровостлаников составляет в среднем лишь 0,74% (с отклонениями от 0,6 до 0,9%), что в 7 раз ниже по сравнению с аналогичным показателем кедра сибирского и в 13 раз ниже, чем у кедра корейского в том же возрасте.

Библиографический список

1. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. – 384 с.
2. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. – М.: Наука, 1986. – 297 с.
3. Wenk G., Antanaitis V., Smelko S. Waldetragslehre. – Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1990. – 448 s.
4. Усольцев В.А. География удельной первичной продукции фитомассы лесов и неопределенности ее оценки и интерпретации // Эко-потенциал. – 2014. – № 1(5). – С. 139-163.
5. Усольцев В.А. Удельная чистая первичная продукция лесообразующих пород Евразии в трансконтинентальных градиентах: методы и неопределенности // Сибирский лесной журнал. – 2016. – № 4. – С. 4-14.
6. Усольцев В.А., Терехов Г.Г., Хабибуллина Н.В., Маленко А.А. География удельной первичной продукции елово-пихтовых насаждений в Евразии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 51-55.
7. Усольцев В.А., Гаврилин Д.С., Часовских В.П., Борников А.В., Норицина Ю.В. География фитомассы, чистой первичной и удельной чистой первичной продукции лиственничников в пределах Евразии // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 3. – С. 76-90.
8. Усольцев В.А., Субботин К.С., Часовских В.П. Изменение удельной первичной продукции сосновых насаждений по трансконтинентальным климатическим градиентам Евразии // Эко-потенциал. – 2015. – № 3 (11). – С. 24-31.
9. Усольцев В.А. Трансконтинентальные климатические градиенты удельной чистой первичной продукции лесообразующих древесных пород Евразии // Эко-потенциал. – 2016. – № 3 (15). – С. 7-17.
10. Usoltsev V.A., Chasovskikh V.P., Noritsina Yu.V. Produzione primaria specifico alberi Spruce-abete dell'Eurasia: elementi di geografia (Specific net primary production of spruce-fir forests of Eurasia: Elements of geography) // Italian Science Review. – 2014. – № 11 (20). – P. 145-149 (итал.).
11. Usoltsev V.A., Chasovskikh V.P., Gavrilin D.S., Subbotin K.S. Foreste di produzione specifica primario larice dell'Eurasia: elementi di geografia (Specific net primary production of larch forests of Eurasia: Elements of geography) // Italian Science Review. – 2015. – № 6 (27). – P. 33-37 (итал.).
12. Усольцев В.А., Лазарев И.С., Сенчило Н.В., Гаврилин Д.С. Структура удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) кедра сибирского на Урале // Сб. науч. тр. ученых и специалистов факультета экономики и управления УГЛТУ. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. – Вып. 4. – С. 152-162.
13. Хабибуллина Н.В., Усольцев В.А., Терехов Г.Г., Маленко А.А. Удельная чистая первичная продукция темнохвойных пород Урала // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 8 (106). – С. 51-54.
14. Usoltsev V.A. Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The second edition, enlarged and reharmonized. – Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013.
15. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2001. – 708 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3280>).
16. Панченко Т.М. Продуктивность кедрового стланика в фитоценозах юга Мага-

данской области // Ботанический журнал. – 1985. – Т. 70. – № 1. – С. 67-76.

17. Kajimoto, T., Kurachi, N., Chiba, Y., Utsugi, H. and Ishizuka, M. Effects of external factors on growth and structure of *Pinus pumila* scrub in Mt. Kinpu, central Japan // *Climate Change and Plants in East Asia*, ed. By K. Omasa et al. Tokyo, Springer, 1996. – P. 149-156.

References

1. Usol'tsev V.A. Biologicheskaya produktivnost' lesoobrazuyushchikh porod v klimaticheskikh gradientakh Evrazii (k menedzhmentu biosfernykh funktsiy lesov). – Ekaterinburg: UGLTU, 2016. – 384 s.

2. Bazilevich N.I., Grebenschikov O.S., Tishkov A.A. Geograficheskie zakonomernosti struktury i funkcionirovaniya ekosistem. – M.: Nauka, 1986. – 297 s.

3. Wenk G., Antanaitis V., Smelko S. *Waldetragslehre*. – Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1990. – 448 s.

4. Usol'tsev V.A. Geografiya udel'noy pervichnoy produktsii fitomassy lesov i neopredelennosti ee otsenki i interpretatsii // *Eko-Potentsial*. – 2014. – № 1 (5). – S. 139-163.

5. Usol'tsev V.A. Udel'naya chistaya pervichnaya produktsiya lesoobrazuyushchikh porod Evrazii v transkontinental'nykh gradientakh: metody i neopredelennosti // *Sibirskiy lesnoy zhurnal*. – 2016. – № 4. – S. 4-14.

6. Usol'tsev V.A., Terekhov G.G., Khabibullina N.V., Malenko A.A. Geografiya udel'noy pervichnoy produktsii elovopikhtovykh nasazhdeniy v Evrazii // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2013. – № 10 (108). – S. 51-55.

7. Usol'tsev V.A., Gavrilin D.S., Chasovskikh V.P., Bornikov A.V., Noritsina Yu.V. Geografiya fitomassy, chistoy pervichnoy i udel'noy chistoy pervichnoy produktsii listvennichnikov v predelakh Evrazii // *Sibirskiy lesnoy zhurnal*. – 2014. – № 3. – S. 76-90.

8. Usol'tsev V.A., Subbotin K.S., Chasovskikh V.P. Izmenenie udel'noy pervichnoy produktsii sosnovykh nasazhdeniy po transkontinental'nym klimaticheskim gradientam Evrazii // *Eko-potentsial*. – 2015. – № 3 (11). – S. 24-31.

9. Usol'tsev V.A. Transkontinental'nye klimaticheskie gradienty udel'noy chistoy pervichnoy produktsii lesoobrazuyushchikh drevnykh porod Evrazii // *Eko-potentsial*. – 2016. – № 3 (15). – S. 7-17.

10. Usol'tsev V.A., Chasovskikh V.P., Noritsina Yu.V. Produzione primaria specifico alberi Spruce-abete dell'Eurasia: elementi di geografia (Specific net primary production of spruce-fir forests of Eurasia: Elements of geography) // *Italian Science Review*. – 2014. – Vol. 11 (20). – P. 145-149.

11. Usol'tsev V.A., Chasovskikh V.P., Gavrilin D.S., Subbotin K.S. Foreste di produzione specifica primario larice dell'Eurasia: elementi di geografia (Specific net primary production of larch forests of Eurasia: Elements of geography) // *Italian Science Review*. – 2015. – Vol. 6 (27). – P. 33-37.

12. Usol'tsev V.A., Lazarev I.S., Senchilo N.V., Gavrilin D.S. Struktura udel'noy chistoy pervichnoy produktsii (UdChPP) kedra sibirskogo na Urale // *Cb. nauchnykh trudov uchenykh i spetsialistov fakul'teta ekonomiki i upravleniya UGLTU*. Vyp. 4. – Ekaterinburg: UGLTU, 2013. – S. 152-162.

13. Khabibullina N.V., Usol'tsev V.A., Terekhov G.G., Malenko A.A. Udel'naya chistaya pervichnaya produktsiya temnokhvoynykh porod Urala // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2013. – № 8 (106). – S. 51-54.

14. Usol'tsev V.A. Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The second edition, enlarged and reharmonized. – Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013.

15. Usol'tsev V.A. Fitomassa lesov Severnoy Evrazii: baza dannykh i geografiya. – Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 2001. – 708 s. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3280>).

16. Panchenko T.M. Produktivnost' kedrovogo stlanika v fitotsenozakh yuga Magadanskoy oblasti // *Botan. zhurn.* – 1985. – Т. 70. – № 1. – С. 67-76.

17. Kajimoto, T., Kurachi, N., Chiba, Y., Utsugi, H. and Ishizuka, M. Effects of external factors on growth and structure of *Pinus pumila* scrub in Mt. Kinpu, central Japan // *Climate Change and Plants in East Asia*, ed. By K. Omasa et al. Tokyo, Springer, 1996. – P. 149-156.

