

УДК 581.5; 504.7

**В.А. Усольцев<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>Уральский государственный лесотехнический университет,<sup>2</sup>Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург**ТРАНСКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ГРАДИЕНТЫ  
УДЕЛЬНОЙ ЧИСТОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ  
ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЕВРАЗИИ**

Картированию фитомассы и чистой первичной продукции (ЧПП) лесов на глобальном и биомном уровнях с применением дистанционных и статистических методов, а также ГИС-технологий, уделяется всё большее внимание (Huston, Wolverton, 2009; Le Clec'h et al., 2013). Удельная чистая первичная продукция (УдЧПП), как отношение ЧПП к величине фитомассы, выражаемое в долях или в процентах (Базилевич и др., 1986; Базилевич, Титлянова, 2008; Гульбе и др., 2010), в пространственно-временном аспекте остаётся пока не изученной. Ранее нами были показаны предыстория и некоторые неопределённости, связанные с понятием УдЧПП (Усольцев, 2014, 2016a).

**Объекты и методы**

В настоящей статье предлагается анализ климатически обусловленной географии УдЧПП лесобразующих пород Евразии, выполненный на основе впервые сформированной базы данных (Usoltsev, 2013) в количестве 2242 определений ЧПП и фитомассы, в том числе: для двухвойных сосен (подрод *Pinus*) 920 определений на пробных площадях, в том числе 690 (75%) в естественных насаждениях и 230 (25%) в культурах; для елово-пихтовых насаждений (*Picea* Dietr. и *Abies* Mill.) 480, для лиственниц (*Larix* Mill.) 116, для березняков (*Betula* L.) 230, для осинников и тополельников (*Populus* L.) 166 и для дубовых насаждений (*Quercus* L.) 280 определений.

Распределение пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы лесобразующих пород на карте-схеме Евразии показано на рис. 1, а по древесным видам и странам - в табл. 1. С целью выявления географических закономерностей в изменении УдЧПП лесобразующих пород на территории Евразии каждая пробная площадь, на которой было выполнено определение их ЧПП и фитомассы, позиционирована по зональным поясам (от 1-го до 5-го) на карте-схеме Евразии (рис. 2) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт С.П. Хромова (рис. 3).

Положение пробных площадей на физической карте Евразии показывает, что фактически ими охвачена вся покрытая лесом территория Евразии в пределах ареалов древесных пород. Исходные положения моделирования и полученные в результате регрессионного анализа соотношения должны иметь эколого-географическое истолкование. УдЧПП, как одна из характеристик биологической продуктивности лесов определяется климатическими факторами, но лишь в первом приближении, поскольку есть еще онтогенетический, ценотический, эдафический и другие уровни ее изменчивости. Поэтому в регрессионные уравнения в качестве объясняющих изменчивость независи-

мых переменных мы включаем, наряду с климатическими параметрами, возраст и запас древостоя. Последний является интегральным показателем, учитывающим ценотические и эдафические особенности лесных экосистем в том или ином экорегионе.

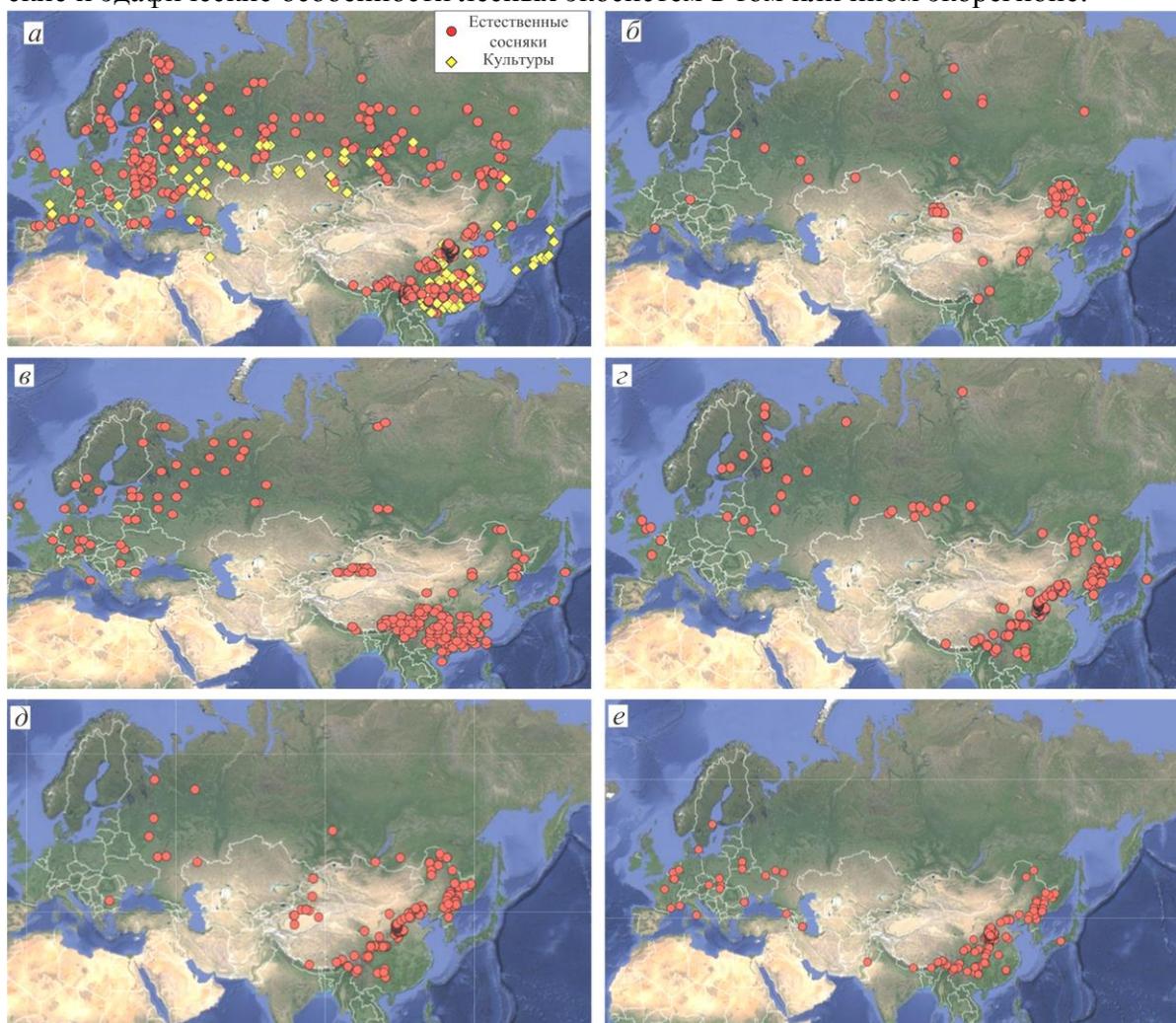


Рис. 1. Распределение экспериментальных данных о ЧПП и фитомассе лесобразующих пород на территории Евразии: а – сосняки, подрод *Pinus*; б – лиственничники, в – еловопихтовые насаждения, г – березняки, д – осинники и тополёвники и е – дубовые насаждения.

Таблица 1  
Распределение количества пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы лесобразующих пород по видам и странам

Вид	Систематическое название	Страна	Число пробных площадей
<b>Подрод <i>Pinus</i> (двухвойные сосны)</b>			
Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Россия, Казахстан, Белоруссия, Украина, Финляндия, Швеция, Англия, Чехия, Болгария, Франция, Китай, Германия, Бельгия, Испания, Литва, Норвегия	561
С. китайская	<i>P. tabulaeformis</i> Carr.	Китай	162
С. Массона	<i>P. massoniana</i> Lamb.	Китай	65
С. тайванская	<i>P. taiwanensis</i> Hayata	Китай	55

Продолжение таблицы 1

Вид	Систематическое название	Страна	Число пробных площадей
С. юннаньская	<i>P. yunnanensis</i> Franchet	Китай	46
С. австрийская	<i>P. nigra</i> Arn.	Англия, Германия, Нидерланды	7
С. густоцветная	<i>P. densiflora</i> S.et Z.	Япония	15
С. Тунберга	<i>P. thunbergii</i> Parl.	Япония	6
С. веймутова	<i>P. strobus</i> L.	Япония	2
С. итальянская	<i>P. pinea</i> L.	Франция	1
Итого			920
<b>Род <i>Larix</i> Mill. (лиственницы)</b>			
Лиственница Гмелина	<i>L. Gmelinii</i> (Rupr.) Rupr.	Китай	56
Л. сибирская	<i>L. sibirica</i> Ldb.	Россия, Китай	26
Л. Принца Рупрехта	<i>L. Principis-ruprechtii</i> Mayr	Китай	12
Л. Чекановского	<i>L. Czekanovskii</i> Turcz.	Россия	10
Л. европейская	<i>L. decidua</i> Mill.	Россия, Франция, Чехия	5
Л. Сукачёва	<i>L. sukaczewii</i> N. Dyl.	Россия	3
Л. японская	<i>L. leptolepis</i> Gord.	Япония	3
Л. Каяндера	<i>L. cajanderi</i> Mayr.	Россия	1
Итого			116
<b><i>Picea</i> Dietr. (ель) и <i>Abies</i> Mill. (пихта)</b>			
Ель европейская	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	Белоруссия, Бельгия, Болгария, Германия, Дания, Италия, Литва, Норвегия, Россия, Украина, Франция, Чехия, Швеция, Эстония, Япония	121
Е. аянская	<i>P. jezoensis</i> (S.&Z.) Carrière	Китай	155
Е. сибирская	<i>P. obovata</i> L.	Россия	75
Е. Шренка	<i>P. schrenkiana</i> F. & C.A.Mey.	Китай	17
Е. ситхинская	<i>P. sitchensis</i> (Bong.) Carrière	Великобритания, Ирландия	8
Е. пурпурная	<i>P. purpurea</i> Masters	Китай	4
Пихта китайская колючая	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	Китай	97
П. европейская	<i>A. alba</i> Mill.	Румыния, Украина	3
Итого			480
<b>Род <i>Betula</i> L. (берёзы)</b>			
Берёза белая	<i>Betula pendula</i> Roth. <i>B. pubescens</i> Ehrh.	Россия, Казахстан, Великобритания, Белоруссия, Финляндия, Швеция, Литва, Бельгия, Норвегия, Франция, Дания (Гренландия)	116
Б. полезная	<i>B. utilis</i> D. Don	Китай	100
Б. извилистая	<i>B. tortuosa</i> Ldb.	Россия	3
Б. плосколистная	<i>B. platyphylla</i> Suk.	Китай, Россия	5
Б. Максимовича	<i>B. maximowicziana</i> Rgl.	Япония	3
Б. Кузмищева	<i>B. kusmisscheffii</i> (Rgl) Suk.	Россия	2

Продолжение таблицы 1

Вид	Систематическое название	Страна	Число пробных площадей
Б. карликовая	<i>B. nana</i> L.	Россия	1
Итого			230
<b>Род <i>Populus</i> L. (осина и тополи)</b>			
Осина	<i>Populus tremula</i> L.	Россия	20
Осина Давида	<i>P. davidiana</i> Dode	Китай	127
Тополь белый	<i>P. alba</i> Ledeb.	Казахстан	9
Туранга евфратская	<i>P. euphratica</i> Olivier	Китай	9
Тополь Бахелье	<i>Populus</i> × <i>bachelieri</i> Solemacher	Болгария	1
Итого			166
<b>Род <i>Quercus</i> L. (дубы)</b>			
Дуб черешчатый	<i>Quercus robur</i> L.	Россия, Белоруссия, Бельгия, Швеция, Чехия, Франция, Польша	61
Д. острейший	<i>Q. acutissima</i> Carruth.	Китай	187
Д. скальный	<i>Q. petraea</i> Liebl.	Венгрия, Бельгия, Нидерланды	5
Д. пильчатый	<i>Q. serrata</i> Murray	Китай	9
Д. каменный	<i>Q. ilex</i> L.	Италия, Франция	2
Д. имеретинский	<i>Q. imeretina</i> Stev.	Грузия	6
Д. пушистый	<i>Q. pubescens</i> Willd.	Франция, Румыния	2
Д. седой	<i>Q. leucotrichophora</i> A. Camus	Пакистан	2
Д. каштанолыственный	<i>Q. castaneifolia</i> C. A. Mey.	Азербайджан	3
Д. курчавый	<i>Q. crispula</i> Blume	Япония	1
Д. пушистый	<i>Q. lanuginosa</i> Thuill.	Пакистан	1
Д. ножкоцветный	<i>Q. pedunculiflora</i> C. Koch.	Румыния	1
Итого			280

### Результаты и обсуждение

Выполнен многофакторный регрессионный анализ климатически обусловленной (географической) ординации запаса стволовой древесины и УдЧПП лесных экосистем согласно рекурсивной системе уравнений (стрелкой показана последовательность расчетов):

$$M = f(A, Zon, IC) \rightarrow RZi = f(A, M, Zon, ICKh), \quad (1)$$

где  $A$  – возраст древостоев, лет;  $M$  – запас древесины, м<sup>3</sup>/га;  $RZi$  – УдЧПП  $i$ -й фракции ( $RZa$ ,  $RZr$  и  $RZu$ , соответственно: надземной, подземной и нижнего яруса), %;  $Zon$  – порядковый номер зонального пояса (см. рис. 2);  $ICKh$  – индекс континентальности климата, по Хромову (1957), % (см. рис. 3). Естественные сосняки и культуры анализируются совместно в предположении, что при одном и том же возрасте различие их морфоструктуры и продукционных показателей учитывается разной плотностью и соответственно – разным запасом стволовой древесины.

Расчет регрессионных коэффициентов «цепочки» уравнений (1) выполнен в следующей последовательности: вначале рассчитывается уравнение для  $M$  в системе (1) с

использованием независимых переменных  $A$ ,  $Zon$  и  $ICKh$  и затем уравнения для УдЧПП фитомассы  $RZi$  той же системы (1) с использованием тех же независимых переменных  $A$ ,  $Zon$  и  $ICKh$ , а также переменной  $M$ , статус которой сменился, и ранее зависимая переменная на данном этапе стала независимой (по рекурсивному принципу).

В результате получены характеристики уравнений (1), приведенные в табл. 2. В уравнениях, приведенных в табл. 2, за редким исключением, все регрессионные коэффициенты при независимых переменных значимы на уровне вероятности  $P_{95}$ , что свидетельствует об их адекватности и воспроизводимости результата.

Путем последовательного табулирования уравнений (1), приведенных в табл. 2, получены возрастные тренды искомым величин для каждого зонального пояса и в зональных поясах – для индексов континентальности климата в пределах от 55 до 95. Окончательные результаты, полученные в виде таблицы возрастных трендов изменения УдЧПП по зональным поясам и в пределах каждого – в связи с задаваемыми значениями индекса континентальности, приведены в другой работе (Усольцев, 2016б).

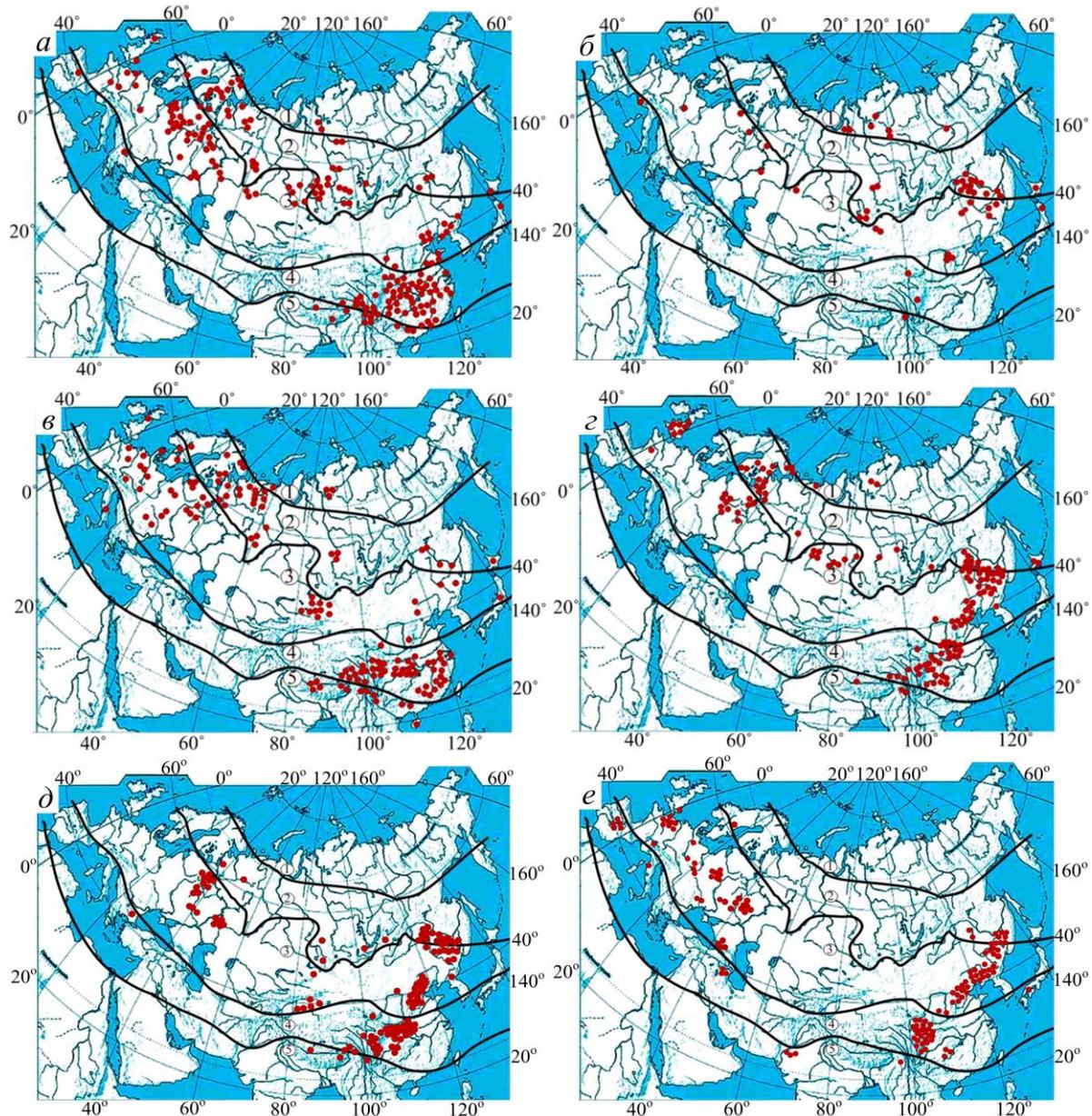


Рис. 2. Распределение пробных площадей, на которых определены ЧПП и фитомасса лесобразующих пород на территории Евразии, по зональным поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 – субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967). Обозначения древесных пород: а – сосняки, подрод *Pinus*; б – лиственничники, в – елово-пихтовые насаждения, г – березняки, д – осинники и тополёвники и е – дубовые насаждения.

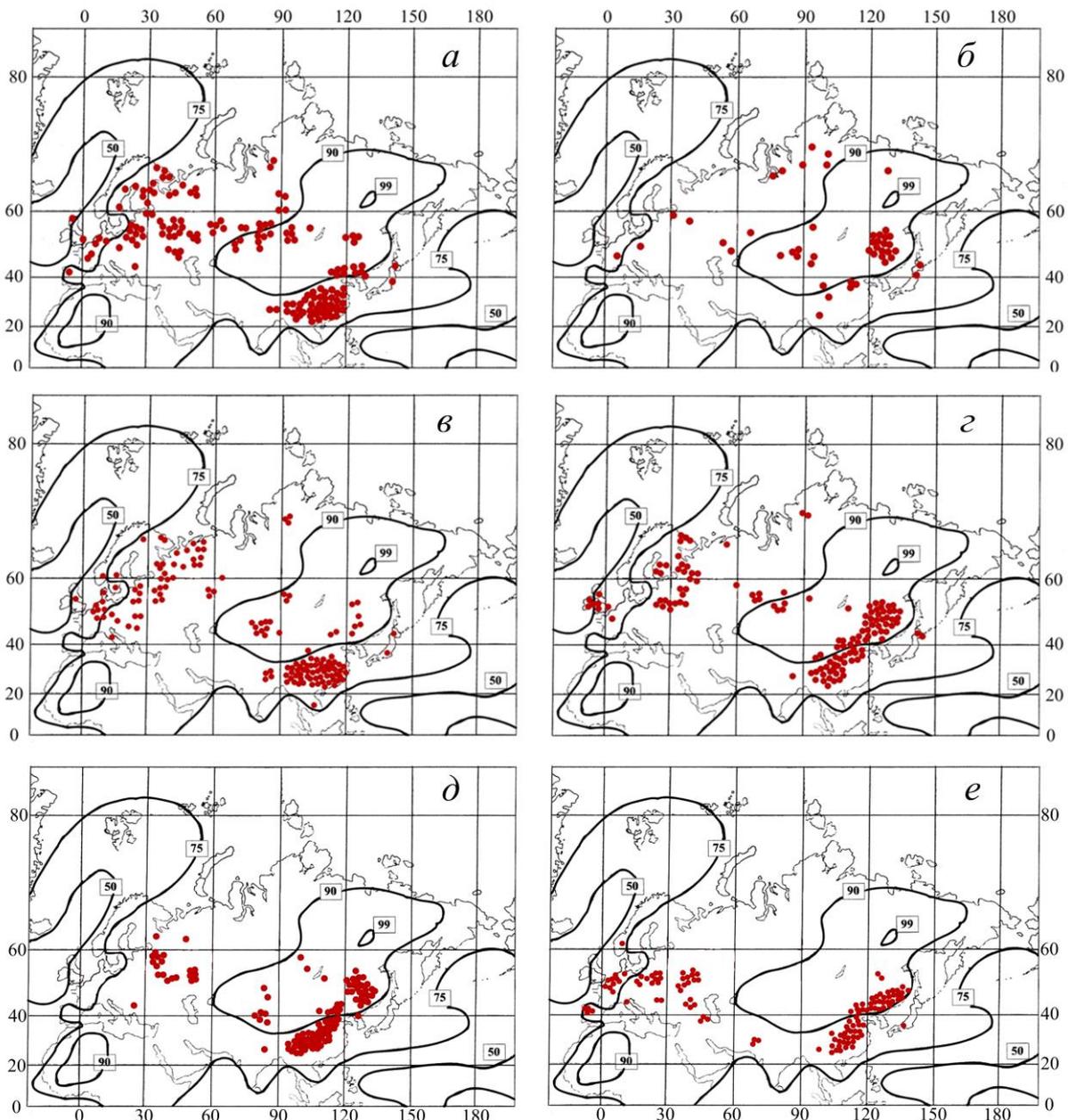


Рис. 3. Карта-схема изолиний континентальности климата Евразии по С.П. Хромову (1957) с нанесенным положением пробных площадей, на которых выполнено определение фитомассы и ЧПП лесобразующих пород. Обозначения древесных пород см. рис. 2.

Таблица 2

Характеристика уравнений (1)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (1)								
	$a_0$	$a_1$ ( $\ln A$ )	$a_2$ ( $\ln A$ ) <sup>2</sup>	$a_3$ ( $\ln M$ )	$a_4$ $\ln(\text{Zon})$	$a_5$ ( $\ln \text{Zon}$ ) <sup>2</sup>	$a_6$ ( $\ln ICKh$ )	$R^2$	$SE$
Сосна, подвид <i>Pinus</i>									
$\ln(M)$	-2,7067	3,5449	-0,3609	-	2,2958	-0,9923	-0,3652	0,547	0,62
$\ln(RZa)$	10,399	-0,5633	-	-0,3203	0,4375	-	-1,1560	0,748	0,34
$\ln(RZr)$	8,5800	-0,9374	-	-0,1444	1,1613	-0,4903	-0,7641	0,762	0,36
$\ln(RZu)$	-14,946	-0,2203	-	-	0,5529	-	4,2177	0,409	0,41

Продолжение таблицы 2

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (1)								
	$a_0$	$a_1$ ( $\ln A$ )	$a_2$ ( $\ln A$ ) <sup>2</sup>	$a_3$ ( $\ln M$ )	$a_4$ $\ln(Zon)$	$a_5$ ( $\ln Zon$ ) <sup>2</sup>	$a_6$ ( $\ln ICKh$ )	$R^2$	$SE$
Лиственница									
$\ln(M)$	0,4181	2,5984	-0,2573	-	1,6134	-	-0,6623	0,552	0,51
$\ln(RZa)$	5,0903	-0,5141	-	-0,1985	-	-	-	0,750	0,29
$\ln(RZr)$	28,906	-0,6806	-	-0,3333	-0,5149	-	-4,9679	0,525	0,66
$\ln(RZu)$	11,061	-0,4901	-	0,3341	-	-	-1,6670	0,207	0,91
Ель и пихта									
$\ln(M)$	5,2605	2,0501	-0,1905	-	0,5717	-	-1,2160	0,474	0,43
$\ln(RZa)$	4,3521	-1,6131	0,1220	-0,1923	0,0530	-	0,6748	0,880	0,22
$\ln(RZr)$	10,706	-0,7209	-	-0,1927	0,6481	-0,3419	-1,2683	0,806	0,37
$\ln(RZu)$	0,2172	-0,1902	-	0,0344	0,3051	-	0,7832	0,560	0,19
Береза									
$\ln(M)$	-0,4786	1,6623	-0,1230	-	4,5795	-2,1127	-0,3649	0,651	0,44
$\ln(RZa)$	2,8881	-1,2637	0,1111	-0,1368	0,2305	-	0,6887	0,783	0,22
$\ln(RZr)$	2,2616	-0,7149	-	-0,0473	0,7502	-0,3037	0,4283	0,849	0,15
$\ln(RZu)$	1,8521	-2,3154	0,2865	0,1143	1,0846	-0,3913	1,1568	0,425	0,27
Осина и тополи									
$\ln(M)$	2,1880	-2,0080	0,3013	-	-4,8814	2,3009	1,8683	0,323	0,39
$\ln(RZa)$	4,2685	-1,3681	0,1116	-	-0,4382	0,2132	0,4050	0,761	0,13
$\ln(RZr)$	5,0696	-0,8351	-	-	-0,3733	0,1719	-	0,842	0,13
$\ln(RZu)$	1,9465	2,0541	-0,2534	0,0940	0,9321	-0,4469	-0,7417	0,238	0,16
Дуб									
$\ln(M)$	3,6806	0,9796	-	-	-3,6881	1,4554	-0,1331	0,376	0,56
$\ln(RZa)$	-1,9287	0,7199	-0,1275	-0,3819	0,9479	-0,3657	1,0297	0,818	0,18
$\ln(RZr)$	7,4108	-0,9438	-	0,0466	-1,3657	0,6046	-0,3725	0,927	0,11
$\ln(RZu)$	-15,654	1,5478	-0,1934	-0,1681	2,9435	-1,3671	3,4573	0,653	0,21

Из упомянутой таблицы для 3-го зонального пояса и индекса континентальности, равного 75, взяты и представлены в виде графиков возрастные тренды запасов стволовой древесины (рис. 4а) и УдЧПП надземной, подземной и нижнего яруса (рис. 4б, в, г). Наибольшими запасами отличаются елово-пихтарники, далее в порядке убывания следуют лиственничники, сосняки, березняки, дубовые и осиновые древостои. Показатели надземной УдЧПП на графиках, построенных по нашим материалам и по данным Я.И. Гульбе с соавторами (2010), практически не различаются. УдЧПП корней наибольшая в лиственничниках и дубовых древостоях, а по остальным породам в возрастном диапазоне от 30 до 150 лет все тренды сливаются в один общий. УдЧПП нижнего яруса монотонно снижается с возрастом в лиственничниках, ельниках и сосняках, при этом наибольшими величинами характеризуются лиственничники, за ними в порядке убывания следуют елово-пихтарники и сосняки. Специфичный тренд УдЧПП наблюдается в березняках, осинниках и дубовых древостоях (рис. 4г).

Далее из расчетных возрастных трендов первого звена рекурсивной системы уравнений (1) взяты значения запаса стволовой древесины в возрасте 100 лет для хвойных и 50 лет – для березняков и построены графики его зависимости от порядково-

го номера зонального пояса при индексе континентальности климата территории, равном 75, и от индекса континентальности климата в 3-м зональном поясе (рис. 5а,б).

По мере возрастания континентальности климата в пределах южного умеренного зонального пояса происходит снижение расчетных величин запаса древостоев всех пород, наиболее интенсивное в ельниках и незначительное – в сосняках и березняках. Исключение составляют дубовые и осиновые древостои, в которых тренды, напротив, возрастающие. По зональному градиенту наблюдается монотонное нарастание запасов в лиственничниках и елово-пихтарниках и изменение по колоколообразной кривой в сосняках и березняках с максимумом в умеренном зональном поясе и минимумом в дубовых и осиновых древостоях. Снижение древесных запасов сосны и берёзы в субтропическом и суббореальном поясах, возможно, обусловлено вертикальной зональностью: древостои здесь поднимаются в горы до 2-3 тыс. м над уровнем моря.

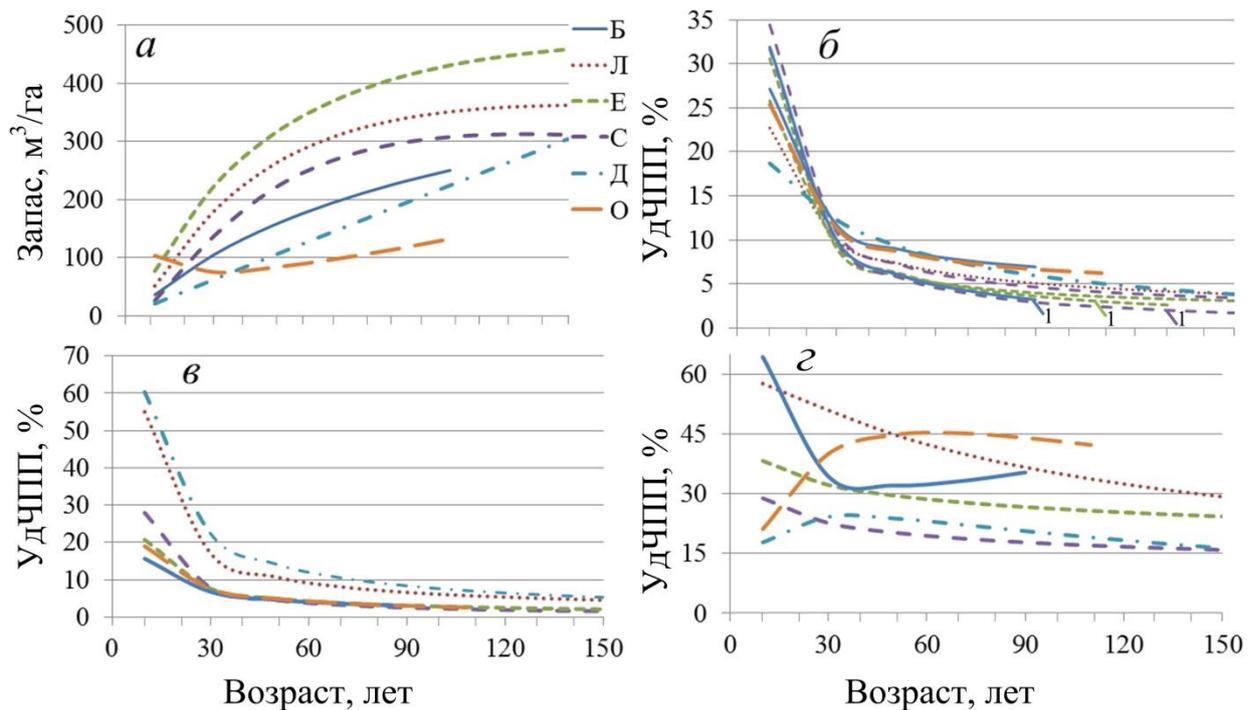


Рис. 4. Возрастная динамика расчетных значений запаса стволовой древесины (а) и УдЧПП надземной (б), подземной (в) и нижнего яруса (г). Обозначения древесных пород здесь и далее: С – сосна, Л – лиственница, Е – ель и пихта, Б – берёза, Ос – осина и тополи и Д - дуб. Цифрой 1 отмечены графики возрастной динамики надземной УдЧПП сосняков, ельников и березняков, построенные по данным таблицы Я.И. Гульбе с соавторами (2010).

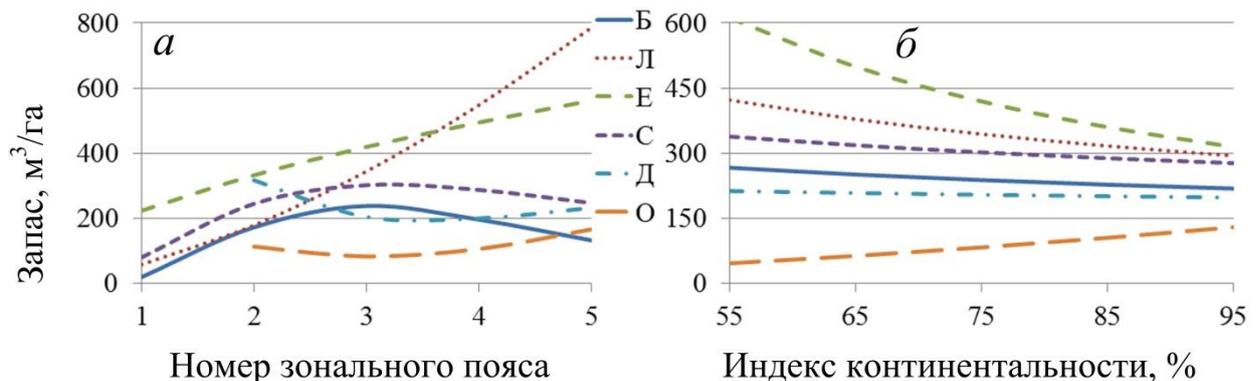


Рис. 5. Связь расчётных значений запаса древесины в возрасте 100 лет для хвойных и дубовых древостоев и 50 лет для березняков и осинников с зональной принадлежностью при индексе континентальности 75 (а) и с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (б).

По аналогии с запасами, из расчетных возрастных трендов второго звена рекурсивной системы (1) взяты значения УдЧПП фракций фитомассы в возрасте 100 лет для хвойных и 50 лет – для березняков и построены соответствующие графики (рис. 6). Из этих графиков очевидно, что УдЧПП надземной фитомассы (I), корней (II) и нижнего яруса (III) для лесообразующих пород Евразии не имеют каких-либо общих закономерностей как в зональном градиенте, так и в градиенте континентальности.

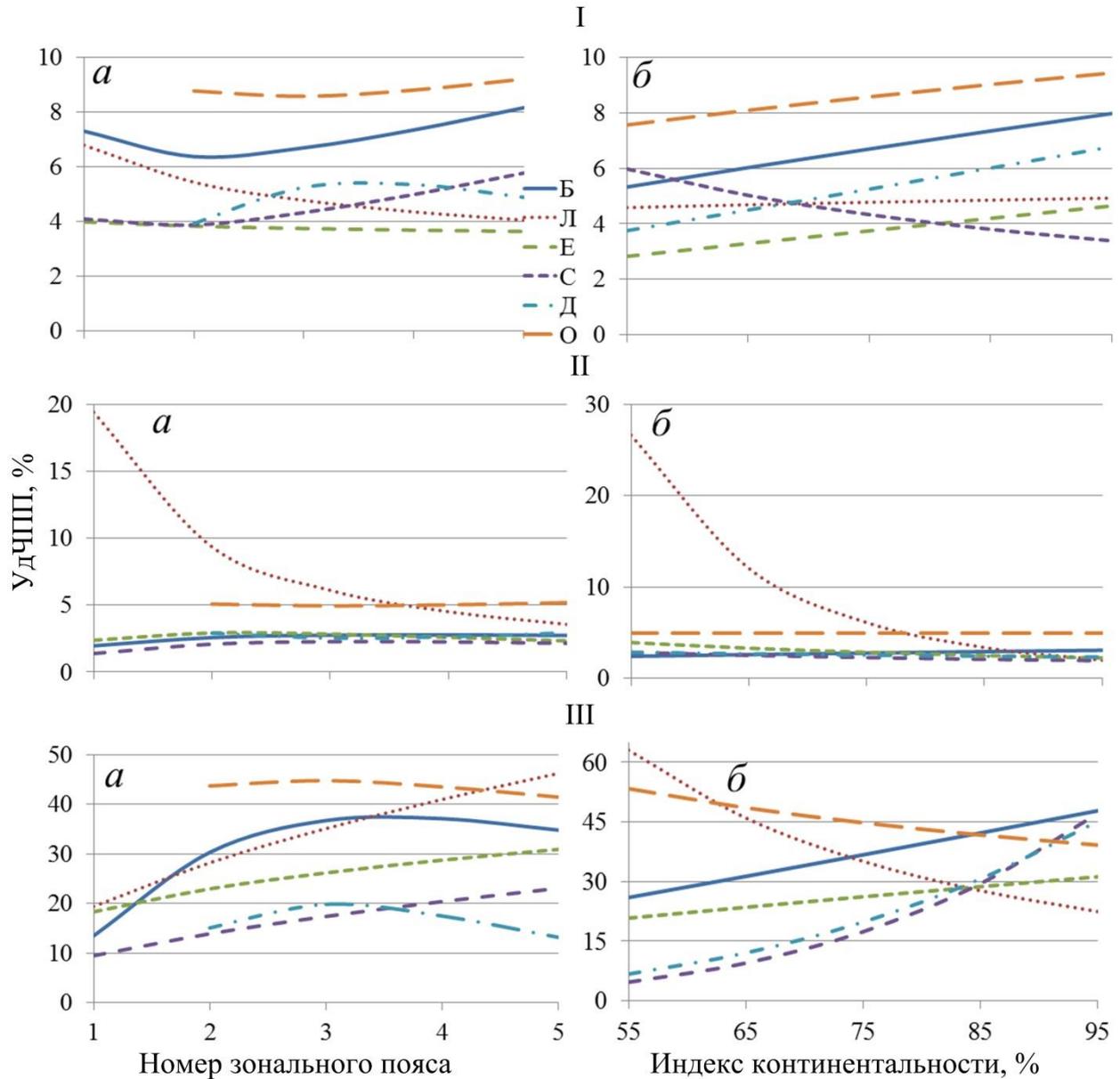


Рис. 6. Связь расчётных значений УдЧПП надземной фитомассы (I), корней (II) и нижнего яруса (III) в возрасте насаждений 100 лет для хвойных и дубовых и 50 лет для березняков и осинников с зональной принадлежностью при индексе континентальности 75 (а) и с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (б).

Таким образом, мы сталкиваемся с существенной неопределенностью при интерпретации динамики УдЧПП разных древесных пород в трансконтинентальных градиентах. Показатель УдЧПП, как было упомянуто выше, представляет важную характеристику функционирования лесных экосистем как количественное выражение скорости обновления органического вещества фитомассы (Базилевич и др., 1986). УдЧПП показывает удельную скорость процесса: как быстро «работает» или «превращается»

один грамм вещества (Keeling, Phillips, 2007; Базилевич, Титлянова, 2008). Но может ли идти названный процесс у разных древесных пород в противоположных направлениях по одному и тому же климатическому градиенту?

Частично эту неопределенность можно объяснить тем, что анализировались, во-первых, не только чистые, но и смешанные древостои с различным участием пород, и, во-вторых, разные экорегионы были представлены разными родами (например, пихта сибирская – *Abies sibirica* Ldb. и пихта китайская – *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) или разными видами в пределах рода (например, ель европейская в Германии и ель Вильсона в лесах Китая). Совместный географический анализ разных древесных пород, как уже упоминалось, был вызван невозможностью их расчленения по экорегионам (например, при совместном произрастании ели и пихты в бореальной зоне), а также невозможностью произрастания одной и той же древесной породы на территории всей Евразии (например, пихт европейской, сибирской, китайской), в результате чего ареалы той или иной древесной породы были приурочены к определенным экорегионам.

Действительно ли УдЧПП означает «скорость превращения органического вещества» или, в других терминах, интенсивность круговорота веществ (элементов питания), поскольку рассчитывается как отношение ЧПП к наличной фитомассе без учета ее отпада и опада? Может быть, это определение в большей мере соответствовало бы действительности, если вместо наличного запаса фитомассы в формулу УдЧПП включать производительность фитомассы, т.е. наличную фитомассу плюс весь ее отпад и опад на тот или иной момент времени? Может быть, в данном случае мы наблюдаем два взаимосвязанных «скоростных» процесса, а именно – приходную и расходную составляющие единого процесса круговорота веществ?

Пока нет возможности совместить и сопоставить закономерность изменения УдЧПП со скоростью разложения детрита. Можно лишь подтвердить или отвергнуть те или иные географические (климатически обусловленные) закономерности изменения УдЧПП на примере других древесных пород, а также по мере пополнения баз данных по анализируемым породам.

### Заключение

Таким образом, на основе сформированной базы данных ЧПП и фитомассы сосняков, лиственничников, елово-пихтарников, березняков, дубняков и насаждений *Populus* на территории от Великобритании до Японии и юга Китая установлены статистически значимые трансконтинентальные изменения УдЧПП надземной, подземной и нижнего яруса. Однако между древесными породами обнаружены существенные расхождения в полученных закономерностях, которым пока нет возможности дать приемлемое объяснение. По кедровым соснам, данные об УдЧПП которых представлены лишь для территории Азии и в недостаточном количестве, приведенные результаты имеют предварительный характер.

Информация о величине УдЧПП в насаждениях разного породного состава и морфоструктуры имеет не только научное, но и прикладное значение: зная величины УдЧПП и фитомассы, можно не на пробных площадях, а расчетным путем получить значения ЧПП насаждения.

*Работа выполнена при поддержке Комплексной программы Уральского отделения РАН, проект № 15-12-4-13.*

## Список использованной литературы

- Алисов Б.П., Полтараус Б.В.* Климатология. М.: Изд-во МГУ, 1974. 300 с.
- Базилевич Н.И., Родин Л.Е.* Картограммы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши // Изв. ВГО. 1967. Т. 99. № 3. С. 190-194.
- Базилевич Н.И., Гребенчиков О.С., Тишков А.А.* Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
- Базилевич Н.И., Титлянова А.А.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 381 с.
- Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Гульбе А.Я., Ермолова Л.С.* Удельная продуктивность фитомассы древостоев основных лесобразующих пород // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии. Материалы международной конференции. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. С. 197-200.
- Усольцев В.А.* География удельной первичной продукции фитомассы лесов и неопределенности ее оценки и интерпретации // Эко-Потенциал. 2014. № 1(5). С. 139-163 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/3186/1/Usoltsev.pdf>).
- Усольцев В.А.* Удельная чистая первичная продукция лесобразующих пород Евразии в трансконтинентальных градиентах: методы и неопределенности // Сибирский лесной журнал. 2016а. № 4. С. 4-14.
- Усольцев В.А.* Биологическая продуктивность лесобразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016б. 384 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5634>).
- Хромов С.П.* К вопросу о континентальности климата // Известия Всесоюзного географического общества. 1957. № 3. С. 221-225.
- Huston M.A., Wolverton S.* The global distribution of net primary production: resolving the paradox // Ecological Monographs. 2009. V. 79. No. 3. P. 343-377.
- Keeling H.C., Phillips O.L.* The global relationship between forest productivity and biomass // Global Ecology and Biogeography. 2007. Vol. 16. P. 618-631.
- Le Clec'h S., Oszwald J., Jegou N., Dufour S., Cornillon P.-A., Miranda I., Gonzaga L., Grimaldi M., Gond V., Arnaud de Sartre X.* Cartographier le carbone stocké dans la végétation: perspectives pour la spatialisation d'un service écosystémique (Mapping carbon stocks in vegetation: prospects for the spatialisation of an ecosystem service) // Bois et Forêts des Tropiques. 2013. No. 316 (2). P. 35-47 (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00923970/document>).
- Usoltsev V.A.* Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The second edition, enlarged and re-harmonized. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>).

**Рецензент статьи:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор Уральского государственного лесотехнического университета В.А. Азарёнок.