

ЭКОЛОГИЯ



УДК 630.181.22. + 630.181.65

**А.А. Григорьев,
П.А. Моисеев,
З.Я. Нагимов**

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ДИНАМИКУ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ГОРАХ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

Ключевые слова: мощность снежного покрова, верхняя граница древесной растительности, структура древостоев, *Larix sibirica*, изменения климата, Приполярный Урал.

Введение

Лесные экосистемы высокогорий долгое время оставались слабоизученными. Их изучение в основном носило описательный характер, но в последние годы ситуация значительно изменилась. Это связано с резким возрастанием интереса ученых к изучению реакции экосистем и их отдельных компонентов на глобальное потепление климата. Известно, что верхняя граница леса – важный биогеографический рубеж в горах, чутко реагирующий на изменение внешней среды и поэтому имеющий индикаторное значение. В XX в. усиление процесса лесовозобновления и увеличение сомкнутости редколесий и криволесий чуть ниже верхней границы леса были отмечены в различных районах мира [1-7]. Исследованиями последних лет на Полярном, Северном и Южном Урале были выявлены факт расселения подроста выше границы леса и ее

продвижение вверх на 30-80 м по вертикали в течение последних 60-80 лет [8-10].

На Приполярном Урале подобные исследования не проводились, хотя данный район существенно отличается от остальных сравнительно большой шириной горной полосы (60-110 км), значительными высотами основных горных хребтов (от 1000 до 1800 м над ур.м.), максимальным для всего Урала количеством осадков, большой площадью безлесных горных территорий, прохождением через ее территорию северной границы распространения таких важнейших древесных пород, как пихта сибирская и кедр сибирский. В связи с этим на склонах гор Нер-Ойка, Сале-Пасне-Нер и Хусь-Ойка (юго-восточная часть Приполярного Урала) в различных лесорастительных условиях лесотундрового экотона нами были изучены состав, структура и история формирования древостоев.

Объекты и методика исследований

Район исследований находится в южной части Исследовательского кряжа Приполярного Урала в бассейне р. Кобыла-Ю. Данная территория характеризуется

сложным орографическим строением, сравнительно большими абсолютными высотами (до 1645 м), глубоко и сильно расчлененным рельефом, широким распространением альпийских форм и следов четвертичного оледенения, многолетне-мерзлых грунтов, ледников и многолетних снежников, гольцовых поверхностей и мерзлотно-солифлюкационных образований. Климат резко континентальный, суровый, зима холодная и многоснежная. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова 200-240 дней. Лето короткое и прохладное. Годовое количество осадков достигает 1500 мм. Вблизи верхней границы леса (на высоте 500-700 м над ур.м.) мощность снежного покрова колеблется от 0,1 до 5 м. Зимой в горах часто дуют сильные ветры (порой до 20-30 м/с), в основном, западных румбов. Реки отличаются высокой водоносностью, а их питание преимущественно снеговое. Сомкнутые леса поднимаются в горы в среднем до высоты 550-650 м над ур.м., а по долинам рек еще выше (до 750 м). Верхнюю границу леса составляют почти исключительно лиственничники в сочетании с извилисто березовыми криволесьями (*Betula tortuosa* Ledeb.) и зарослями ольховника (*Alnaster fruticosus* Rupr.) [11].

В 2007 г. были заложены два высотных профиля: первый – на северо-восточном склоне горы Хусь-Ойка (64°30'57"с.ш.; 59°44'49"в.д.) и второй – на юго-восточном склоне горы Нер-Ойка (64°33'37"с.ш.; 59°33'19"в.д.). В 2009 г. на северном склоне горы Сале-Пасне-Нер (64°30'41"с.ш.; 59°37'05"в.д.) на ветробойных участках был дополнительно заложен еще один профиль. Профили расположены в экотоне верхней границы древесной растительности (ЭВГДР), под которым понимается переходный пояс в горах между верхними границами распространения сомкнутых лесов и отдельных деревьев в тундре. По П.Л. Горчаковскому и С.Г. Шиятову он включает несколько категорий площадей в пределах ЭВГДР: *верхняя граница сомкнутых лесов* (сомкнутость крон 0,4-0,5); *верхняя граница редколесий* (сомкнутость крон 0,2-0,3); *верхняя граница групп деревьев (редин)* (сомкнутость крон 0,05-0,1); *верхняя граница отдельных деревьев* (сомкнутость крон менее 0,05) На каждом профиле фиксировались три высотных уровня: нижний – у верхней границы сомкнутых лесов (570-620 м над ур.м.), средний – у верхней границы редколесий

(630-680 м над ур.м.), верхний – у верхней границы редин (690-730 м над ур.м.). На высотных уровнях закладывались от 22 до 36 пробных площадей размером 20x20 м [12]. На них для каждого живого или усохшего дерева определялись следующие характеристики: высота дерева, диаметр ствола у основания и на высоте 1,3 м, диаметр проекции кроны по двум направлениям. Для определения возраста у деревьев диаметром более 3 см брали буровой образец древесины (кern), а у более тонких и усохших – выпиливали диск у основания ствола.

Возраст деревьев определялся стандартными дендрохронологическими методами с использованием мастер-хронологии (графика погодичного изменения индексов радиального прироста) исследуемого района [13]. Затем все деревья на пробных площадях были сгруппированы в 5-летние возрастные группы. Таким образом, было известно общее количество деревьев, появившихся в то или иное 5-тилетие в течение последних столетий. На основе этих данных были построены распределения деревьев лиственницы по календарным годам их появления. Средние таксационные показатели древостоев на пробных площадях определялись в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами. Деревца высотой до 1,5 м относились к подросту. Запас древостоев не определялся. Это связано с тем, что с учетом особенностей исследуемых объектов рубка модельных деревьев не производилась, а имеющиеся таблицы объемов стволов оказались не пригодными для использования их в древостоях верхней границы леса. В связи с этим состав древостоев определялся по соотношению количества деревьев древесных пород и сумм площадей их сечений. В целом, были определены морфометрические показатели около 3100 деревьев на общей площади 4,5 га и взято 1700 образцов древесины для определения их возраста.

В конце марта 2010 г. для изучения снегонакопления на пробных площадях и прилегающих к ним участках производилось измерение мощности снежного покрова путем покраски стволов деревьев на уровне снега и последующего измерения высоты в летнее время. По завершению снегомерных работ все исследуемые лесные участки нами были разделены на среднеснежные (фоновая мощность

снежного покрова на конец зимы от 1,0 до 2,0 м) и многоснежные (до 0,5 м).

Изменение климатической обстановки за период с 1888 по 2008 гг. оценивалось по метеоанализам, собранным на метеостанции Троицко-Печерское.

Результаты исследований и их обсуждение

1. Анализ изменения климата в районе исследований. Анализ данных метеостанции Троицко-Печерское показал, что за два периода (с 1888 по 1920 гг. и с

1961 по 2000 гг.) в теплый период года (май-сентябрь) существенных изменений в температурном режиме не произошло (табл. 1).

Однако для холодного периода года (ноябрь-март) характерно значительное повышение среднемесячных температур (в среднем на 1,3°C). За период с конца 19-го по конец 20-го века увеличилось количество летних осадков (на 22 мм) и значительно – зимних. В целом можно отметить, что в исследуемом районе климат стал более теплым и влажным.

Таблица 1

Изменения климатических показателей по данным метеостанции Троицко-Печерское за период с 1888 по 2000 гг.

Периоды	Месяцы													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	6-8	11-3
Температура воздуха, °C														
1961-2000 гг.	-18,3	-15,6	-7,3	-0,5	6,0	12,9	16,3	12,3	6,7	-0,8	-9,3	-14,7	13,9	-13,0
1888-1920	-18,9	-15,9	-9,6	-0,5	5,7	12,8	16,0	12,8	6,8	-1,6	-10,5	-16,7	13,9	-14,3
Различия	0,6	0,4	2,3	0,0	0,2	0,2	0,3	-0,5	-0,1	0,8	1,2	2,0	0,0	1,3
Количество осадков, мм														
1961-2000 гг.	43	33	30	37	52	63	71	77	61	67	54	48	212	208
1888-1920 гг.	26	17	19	24	45	56	63	69	59	45	33	30	190	128
Различия	17	15	11	13	7	7	8	8	2	22	21	19	22	80

2. Состав, структура и история формирования древостоев. Участие древесных пород в составе древостоев в разрезе высотных уровней на различных склонах представлено в таблице 2.

Результаты соответствующих расчетов свидетельствуют, что на среднеснежных участках склона горы Хусь-Ойка в составе древостоев на всех высотных уровнях преобладает лиственница. Береза здесь значительно уступает лиственнице как по сумме площадей сечения, так и по густоте. В составе древостоев (ЭВГДР), произрастающих на склоне горы Нер-Ойка (среднеснежные участки), также преобладает лиственница, причем на среднем

это единственная порода, формирующая древостой. Береза встречается здесь в незначительных количествах на нижнем (2%) и верхнем уровнях (6%). Кедр принимает участие в формировании древостоев только на нижнем уровне (4%). На изученных малоснежных участках склона горы Сале-Пасне-Нер древостои в основном формируются лиственницей. Лишь на нижнем уровне профиля в составе древостоев присутствует кедр (18%).

Таким образом, на всех высотных профилях доминирует лиственница, поэтому более подробная таксационная характеристика приводится по данной породе (табл. 3).

Таблица 2

Доля деревьев лиственницы (Лц), березы (Б) и кедра (К) в составе древостоев на различных высотных уровнях исследуемых профилей, %

Высотный уровень	Местообитания	Среднеснежные					Малоснежные	
	Горный массив	Хусь-Ойка		Нер-Ойка			Сале-Пасне-Нер	
	Вид	Лц	Б	Лц	Б	К	Лц	К
Нижний	по полноте	89	11	94	2	4	82	18
	по густоте	51	49	77	13	10	70	30
Средний	по полноте	99	1	100	0	0	100	0
	по густоте	89	11	100	0	0	100	0
Верхний	по полноте	97	3	94	6	0	100	0
	по густоте	73	27	42	58	0	100	0

Средние таксационные показатели древостоев лиственницы на различных высотных уровнях исследуемых профилей

Высотные уровни	Средние показатели деревьев				Площадные характеристики	
	диаметр, см	высота, м	возраст, лет	диаметр кроны, м	густота, шт/га	сумма проекций крон, м ² /га
Среднеснежные (гора Хусь-Ойка)						
Нижний	13,3±0,5	7,4±0,2	90±2	2,5±0,1	625	3830
Средний	13,0±0,4	6,6±0,2	71±2	2,7±0,1	456	3347
Верхний	3,7±0,3	2,8±0,1	42±2	1,7±0,1	51	134
Среднеснежные (гора Нер-Ойка)						
Нижний	18,4±1,1	10,2±0,5	94±5	3,7±0,2	413	5184
Средний	16,3±0,7	8,2±0,3	83±3	3,6±0,1	279	3423
Верхний	12,2±1,4	5,3±0,5	58±4	3,7±0,4	48	451
Малоснежные (гора Сале-Пасне-Нер)						
Нижний	2,8±0,3	2,5±0,1	45±2	1,4±0,1	196	365
Средний	3,9±0,3	2,8±0,1	57±2	1,6±0,1	49	127
Верхний	3,4±0,5	2,7±0,3	79±5	2,2±0,1	28	66

В древостоях, произрастающих на склонах гор Хусь-Ойка и Нер-Ойка, с увеличением высоты над уровнем моря существенно уменьшаются (в 2-3 раза) средние значения диаметра, высоты и возраста деревьев и изменяются площадные характеристики. Так, на горе Хусь-Ойка густота и сумма проекции крон деревьев по мере продвижения от верхнего уровня к нижнему увеличиваются в 12 и 26 раз соответственно, а на горе Нер-Ойка – в 10 и 11. Особенно заметны изменения при переходе от верхнего уровня к среднему. Таксационные показатели лиственничников горе Сале-Пасне-Нер в отличие от вышерассмотренных в большинстве случаев характеризуются меньшими значениями. Влияние высоты над уровнем на абсолютные величины таксационных показателей на экспериментальном материале не обнаруживаются.

Заселение лиственницей нижнего уровня началось в начале XVIII в. (рис. 1 А). Однако этот процесс протекал достаточно вяло. К концу XVIII в на данном участке произрастало только 10-15% ныне растущих деревьев. Массовое заселение его лиственницей произошло в 1920-1965 гг. На среднем уровне процессы формирования лиственничных древостоев шли по аналогичному сценарию, но с явным смещением их интенсивности на период после 1920 г. На верхнем уровне лиственница стала заселяться значительно позже (в начале XX в.) и основная масса небольшого количества (40-50 шт/га) ныне растущих деревьев появилась здесь после

1970 г. Массовое заселение ранее безлесных территорий горы Нер-Ойка происходило аналогичным образом (рис. 1Б). Зарастание всех трех уровней ветробоенных участков горы Сале-Пасне-Нер началось только в начале XX в. В настоящее время даже на нижнем уровне количество деревьев не превышает 200 шт/га. (рис. 1В).

Более наглядная картина динамики верхней границы древесной растительности представлена на фотографиях разных лет (рис. 2).

Ландшафтные фотографии сделаны на Аранецком перевале с правого берега р. Лунвож-Сыня в 500 м от туристической базы национального парка Югыд-Ва: в 1954 г. – П.Л. Горчаковским; 2010 г. – П.А. Моисеевым и А.А. Григорьевым. На переднем плане видна ложбина из зарослей травянистой растительности и ивняка, за которой расположен западный склон сопки высотой 464,0 м. Слева на заднем плане – сопка 477,0 м, а справа – сопка с отметкой 543,8 м над ур.м. Сравнение изображений на этих фотоснимках свидетельствует о существенном увеличении площади, занятой лиственничным древостоем. Если в 1954 г. на вершине и склоне сопки высотой 464,0 м над ур.м. практически отсутствовали деревья (она подвержена воздействию сильных ветров с запада), то к 2010 г. она уже вся была покрыта сомкнувшимся древостоем. Обращает на себя внимание значительное увеличение густоты и высоты деревьев лиственницы у подножья сопки.

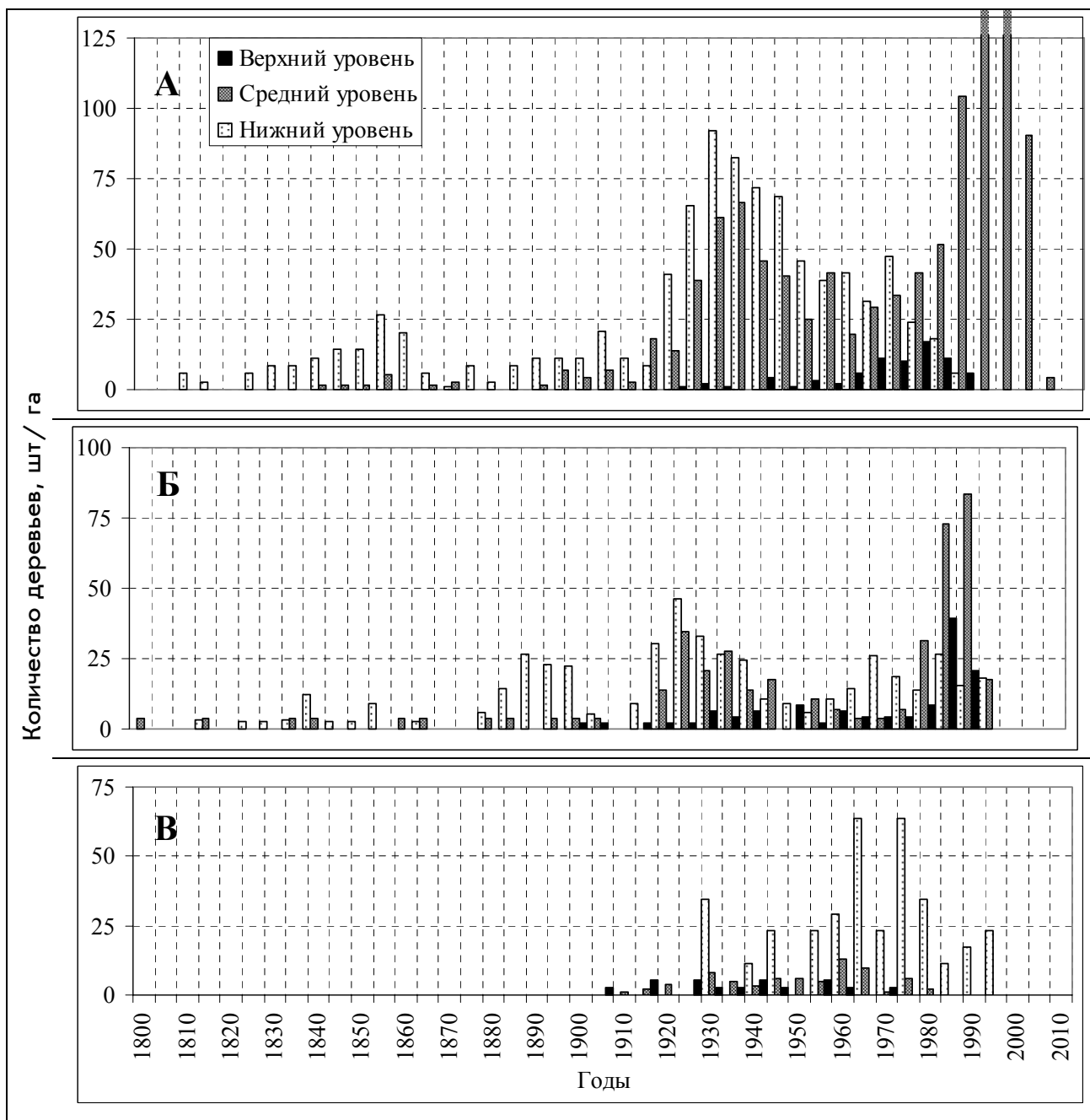


Рис. 1. Распределение количества деревьев лиственницы по периодам их появления на различных высотных уровнях гор: А – Хусь-Ойка; Б – Нер-Ойка; В – Сале-Пасне-Нер

Приведенные выше материалы свидетельствуют, что на всех исследуемых склонах происходило повышение верхней границы древесной растительности. Наглядным доказательством этого процесса является закономерное уменьшение таксационных показателей, густоты и возраста ныне растущих древостоев лиственницы по мере увеличения высоты над уровнем моря. Подобные изменения можно объяснить лишь изменением климатической обстановки в районе исследований, в частности, увеличением температуры и ко-

личества осадков в холодный период года. Характер и тенденции экспансии леса варьируют в зависимости от локальных условий местопроизрастания. Так, поднятие верхней границы леса началось на средних по мощности снежного покрова участках (в начале XIX в.), и первой стала заселять ранее безлесные территории лиственница. Причем количество деревьев данной породы на профиле горы Хусь-Ойка значительно больше, чем на горе Нер-Ойка (второй склон более крутой и ветрообдуваемый). Заселение малоснеж-

ных участков горы Сале-Пасне-Нер началось еще позднее (на 100 лет). Мощность снежного покрова оказывает существенное влияние на динамику верхней границы древесной растительности. Этот факт отмечают и другие исследователи [14, 15]. Это объясняется тем, что в условиях высокогорий создаются экстремальные условия для роста и выживания подроста. Он подвергается морозному выжиманию, повреждению холодным воздухом, снежной абразии, морозному иссушению, поэтому подросту необходима защита снежного покрова. По нашим наблюдениям, наиболее оптимальные условия для экспансии лиственницы формируются на среднеснежных участках, где она превосходит все породы и по количеству, и по таксационным показателям, активно поднимаясь в гору. Береза является здесь сопутствующей породой. Формировать древостой в экстремальных условиях малоснежных участков, по-видимому, может только лиственница.

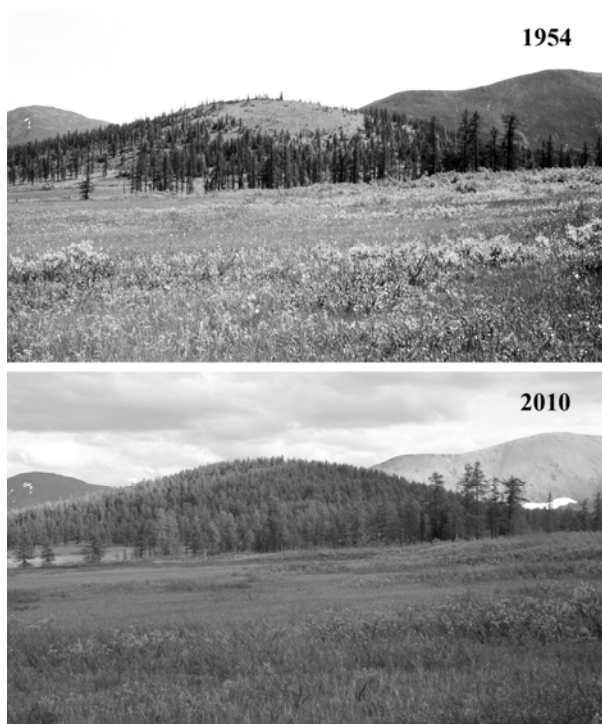


Рис. 2. Динамика верхней границы древесной растительности

Результаты наших исследований подтверждают и дополняют выводы С.Г. Шиятова о том, что оптимальная глубина снежного покрова для выживания и роста лиственницы на верхней границе леса составляет 100-200 см, минимально необходимая – 50 см [16].

Заключение

В целом результаты наших исследований позволяют констатировать поднятие верхней границы древесной растительности вдоль высотного градиента за последние два столетия. Экспансии леса благоприятствовало улучшение климатических условий. Зимы стали теплее и многоснежнее. В зависимости от мощности снежного покрова меняются тенденции, характер и скорость заселения ранее безлесных территорий. Так, на среднеснежных участках лиственница стала заселяться в начале XIX в., а в малоснежных – только в XX в.

Библиографический список

1. Kearney M.S. Recent seedling establishment at timberline in Jasper National Park, Alberta / M.S. Kearney // Canadian Journal of Botany. – 1982. – № 60. – P. 2282-2287.
2. Lavoie C. Black spruce growth forms as a records of a changing winter environment at treeline, Quebec, Canada / C. Lavoie, S. Paeytte // Arctic and Alpine Res. – 1992. – № 24. – P 315-326.
3. Jakubos B. Invasion of subalpine meadows by lodgepole pine in Yellowstone National Park, Wyoming, U.S.A. / B. Jakubos, W.H. Romme // Arctic and Alpine Res. – 1993. – № 25. – P 382-390.
4. Taylor A.H. Forest expansion and climate change in the mountain hemlock (*Tsuga mertensiana*) zone, Lassen Volcanic National Park, California, U.S.A. // Arctic and Alpine Res. – 1995. – № 27. – P 207-216.
5. Woodward A. Climate, geography, and tree establishment in subalpine meadows of the Olympic Mountains, Washington, U.S.A. / A. Woodward, E.G. Schreiner, D.G. Silsbee // Arctic and Alpine Res. – 1995. – № 27. – P 217-225
6. Lloyd A.H. Holocene dynamic of tree-line forests in the Sierra Nevada / A.H. Lloyd, L.J. Graumlich // Ecology. 1997. – № 78. – P 1199-1210.
7. Kullman L. 20th century climate warming and tree-limit rise in the Southern Scandes of Sweden / L. Kullman // Ambio. – 2001. – Vol. 30. – № 2. – P. 72-80.
8. Шиятов С.Г. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале / С.Г. Шиятов, М.М. Терентьев, В.В. Фомин // Экология. – 2005. – № 2. – С. 1-8.
9. Бартыш А.А. Закономерности формирования древостоев на верхней границе леса в условиях современного изменения

климата (на примере Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива): автореф. дис. канд. с.-х. наук / А.А. Бартыш. – Екатеринбург, 2008. – 22 с.

10. Моисеев П.А. Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала / П.А. Моисеев и др. Экология. – 2004. – № 3. – С. 1-9.

11. Долгушин Л.Д. Некоторые особенности рельефа, климата и современной денудации в Приполярном Урале. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 208 с.

12. Горчаковский П.Л. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях / П.Л. Горчаковский, С.Г. Шиятов. – М.: Наука, 1985. – 208 с.

13. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. – М.: Наука, 1986. – 136 с.

14. Tierney G.L. Soil freezing alters fine root dynamics in a northern hardwood forest / Tierney, G.L. et al. // Biogeochemistry. – 2001. – Vol. 56. – P. 175-190.

15. Kammer A. Upward-shifting treelines change soil organic matter dynamics in the Ural mountains / A. Kammer, F. Hagedorn, I. Shevchenko et al. // Global Change Biology. – 2009. – № 15. – P. 1570-1583.

16. Шиятов С.Г. Снежный покров на верхней границе леса и его влияние на древесную растительность / С.Г. Шиятов // Труды института экологии растений и животных. – Вып. 69. – 1969. – С. 141-157.

* Работа выполнена благодаря финансовой поддержке проектов РФФИ-07-04-00850, РФФИ-08-04-00208.



УДК 581.4:581.5

**Е.Г. Худогова,
Т.В. Киселёва,
С.С. Белоусова,
С.В. Третьякова**

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЛОДОВ И ЛИСТЬЕВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Ключевые слова: плоды, листья, сырьё, растительные сообщества, высота, численность, масса сырья, эколого-ценотический оптимум, *Ribes nigrum* L., *Ribes spicatum* Robson, *Rubus matsumuranus* Levl. et Vaniot, *Vaccinium myrtillus* L. subsp. *microphyllum* Lange, *Vaccinium uliginosum* L., *Vaccinium vitisidaea* L.

Введение

На территории Прибайкалья произрастает 605 видов дикорастущих лекарственных растений, рекомендуемых для пищевых и лечебных целей, из них в научной медицине применяются около 60 видов. Научные данные продуктивности, структуры и численности лекарственных растений этого региона весьма ограничены. Поэтому целью нашей работы является определение сырьевой продуктивности

плодов и листьев 6 видов лекарственных растений, пользующихся наибольшей популярностью у населения Западного Прибайкалья. В ходе исследований решались следующие задачи: выявление растительных сообществ, в которых произрастают лекарственные растения, определение высоты и численности лекарственных растений, определение продуктивности сырья, выявление эколого-ценотического оптимума для лекарственных растений.

Объекты и методы

Растительные сообщества лекарственных растений были исследованы нами маршрутно-рекогносцировочным методом на территории Иркутского района Западного Прибайкалья (2007-2010 гг.). Объектами исследования явились 6 видов лекарственных растений: *Ribes nigrum* L.,