



**РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО**  
**RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY**



# PROBLEMS OF GEOGRAPHY

The collected scientific works were founded in 1946 at the initiative and under the guidance of N.N. Baranskiy at the Moscow branch of Geographical Society of USSR. Publication of the series was resumed in 2009 as the Russian Geographical Society edition

## EDITORIAL BOARD:

*V. Kotlyakov*  
*N. Kasimov*  
*P. Baklanov*  
*V. Rummyantsev*  
*S. Dobrolyubov*  
*K. Dyakonov*  
*A. Chibilyov*  
*V. Razumovsky*  
*A. Tishkov*  
*K. Chistyakov*  
*A. Postnikov*  
*G. Oleynik*



# ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ

Научные сборники, основанные в 1946 г. по инициативе и под руководством Н.Н. Баранского в Московском филиале Географического общества СССР. Серия возобновлена в 2009 г. как издание Русского географического общества

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

академик *В.М. Котляков* (председатель)  
академик *Н.С. Касимов* (заместитель председателя)  
академик *П.Я. Бакланов*  
академик *В.А. Румянцев*  
член-корреспондент РАН *С.А. Добролюбов*  
член-корреспондент РАН *К.Н. Дьяконов*  
член-корреспондент РАН *А.А. Чибилёв*  
доктор географических наук *В.М. Разумовский*  
доктор географических наук *А.А. Тишков*  
доктор географических наук *К.В. Чистяков*  
доктор технических наук *А.В. Постников*  
*Г.Д. Олейник*



# PROBLEMS OF GEOGRAPHY

Volume 137

## MOUNTAIN RESEARCH

MOUNTAIN REGIONS OF NORTHERN EURASIA.  
DEVELOPMENT IN GLOBAL CHANGE CONDITIONS

Editorial board:

*V. Kotlyakov*

*Yu. Badenkov*

*K. Chistyakov*

*V. Baburin*

*D. Ganyushkin*

*R. Gracheva*

*A. Gunya*

*Sh. Muduev*

MOSCOW  
«Kodeks» Publishing House  
2014



ВОПРОСЫ  
ГЕОГРАФИИ

Сборник 137

**ИССЛЕДОВАНИЯ ГОР**  
**ГОРНЫЕ РЕГИОНЫ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ.**  
**РАЗВИТИЕ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Редколлегия:

академик *В.М. Котляков* (отв. ред.)

кандидат геолого-минералогических наук *Ю.П. Баденков* (отв. ред.)

доктор географических наук *К.В. Чистяков* (отв. ред.)

доктор географических наук *В.Л. Бабурин*

кандидат географических наук *Д.А. Ганюшкин*

кандидат географических наук *Р.Г. Грачева*

доктор географических наук *А.Н. Гуня*

доктор географических наук *Ш.И. Мудуев*

МОСКВА

Издательский дом «Кодекс»

2014

УДК 910+913+551.43

ББК 26.8

В 74

Рекомендовано Ученым советом Русского географического общества

Рецензенты:

доктор географических наук Б.И. Кочуров

доктор географических наук П.М. Полян

**Вопросы географии** / Моск. филиал ГО СССР / Русское геогр. об-во. – М. Издаётся с 1946 г.

В 74

**Сб. 137: Исследования гор. Горные регионы северной Евразии. Развитие в условиях глобальных изменений** / Отв. ред. В.М. Котляков, Ю.П. Баденков, К.В. Чистяков. – М.: Издательский дом «Кодекс», 2014. – 584 с.

В сборнике приведены результаты исследований по проблемам устойчивого развития горных регионов России, влияния на них глобальных изменений и адаптации природных и социально-экономических систем к меняющимся условиям конца XX – начала XXI века. В 26 статьях, входящих в сборник, приводятся данные о ландшафтном, этнокультурном и экономическом разнообразии горных регионов России, специфике проявления глобальных изменений в различных природных контекстах Алтае-Саянского экорегиона, Кавказа и Северо-Востока страны. Приводятся примеры практической реализации концепций устойчивого развития горных субъектов Российской Федерации (Республики Алтай, Дагестан), а также модели развития горных территорий на локальном уровне. Авторами статей являются представители ведущих академических институтов и университетов, давно ведущих комплексные исследования в горах.

Для географов, практиков по стратегическому планированию развития горных территорий, широкой географической общественности.

ISBN 978-5-904-280-38-3

**Problems of Geography** / Russian Geographical Society Moscow Center. – Moscow.

**Vol. 137: Mountain Research. Mountain Regions of Northern Eurasia in Global Change Conditions** / Executive editors V.M. Kotlyakov, Yu.P. Badenkov, K.V. Chistyakov. – Moscow: «Kodeks» Publishing House, 2014. – 584 p.

The collection of articles presents the outcomes of sustainable development research of the mountain regions of Russia, Global Change impacts and natural and socio-economic systems adaptation to changing conditions of the end of 20<sup>th</sup> Century – beginning of 21<sup>st</sup> Century. 26 articles of the book describe landscapes, ethno-cultural, and economic diversity of Russian mountain regions, their individual responses in the specific environments of Altai-Sayan, Caucasus and North-Western regions of Russia. Practical implementation of sustainable mountain development approaches in mountain territorial units of Russian Federation (Altai and Daghestan republics), as well as case studies of development models on local level are presented. Authors of articles represents the leading academic institutions and Universities of Russia engaged in long-time interdisciplinary explorations in mountains.

The collection of articles is addressed to geographers, sustainable mountain development practitioners, geographic community at large.

ISBN 978-5-904-280-38-3

© Русское географическое общество, 2014

© Russian Geographical Society, 2014

В.С. Мазепа, С.Г. Шиятов

## ДИНАМИКА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА

### Введение

В последние десятилетия существенно возрос интерес научной общественности к изучению реакции наземных экосистем и их отдельных компонентов на изменения климата. Большинство данных по Арктике указывают на широкомасштабный переход от холодных условий XIX столетия к более тёплым условиям XX в. с региональным потеплением в 1–3 °С, что в среднем составляет приблизительно 1,5 °С по всей арктической области (Briffa и др., 1995; Jackson и др., 1997). За последние 30 лет на этой территории зафиксировано значительное потепление, и этот процесс ускоряется (Miller и др., 2010). Средние глобальные температуры в начале XXI в. были самыми тёплыми в течение тысячелетия, и прогноз даёт дальнейшее увеличение средней приземной температуры воздуха во всём мире (Esper и др., 2004; IPCC, 2007). Потепление может иметь значительный эффект на глобальную растительность и её распределение, особенно в экосистемах высокогорий и высоких широтах, где их рост главным образом ограничен температурой (Kittel и др., 2000; Becker, Bugmann, 2001; Шиятов, Мазепа, 2007).

Самые сильные годовичные и многолетние изменения температуры наблюдаются в высоких широтах, поэтому для решения этой проблемы важно в первую очередь исследовать северные экосистемы (Kullman, 1990). Все биологические явления и процессы в высоких широтах обострены и проявляются более рельефно, чем в иных типах зональных ландшафтов. Основным климатическим фактором, лимитирующим продуктивность видов и сообществ, служит низкая температура воздуха, приводящая к сокращению вегетационного периода.

Исследованиям лесотундровых и лесолуговых растительных сообществ в высокогорьях уделяется значительное и заслуженное внимание (Holtmeier, 2003). В условиях Крайнего Севера древесная растительность произрастает на пределе своего распространения, и влияние климатических факторов, в частности температуры, на функционирование лесотундровых экосистем чрезвычайно велико.

Накапливается всё больше свидетельств того, что потепление климата приводит к увеличению продуктивности, густоты и сомкнутости древостоев, а также к заселению древесной растительностью ранее безлесных территорий (Шиятов, Мазепа, 2007; Шиятов, 2009). Отчётливо эти процессы прослеживаются в районах, экстремальных для произрастания древесной растительности (полярная и верхняя граница леса), где климатические факторы оказывают решающее влияние на рост и развитие древесных растений (Köerner, 1999).

Восточный макросклон Полярного Урала и бассейн р. Соби – один из наиболее перспективных районов для проведения таких работ. В течение последнего тысячелетия в экотоне верхней границы леса происходили значительные естественные пространственно-временные изменения в связи долговременными изменениями климатических условий (Мазепа, 2005). Свидетельство тому – огромное количество хорошо сохранившихся остатков погибших деревьев на дневной поверхности даже на 60–80 м выше современной границы леса, т.е. в настоящее время на безлесных участках (рис. 1). Возраст остатков достигает полутора тысяч лет. Основное количество остатков сосредоточено в экотоне верхней границы леса (от 100 до 450 м над ур. моря), а сохранились эти остатки благодаря низкой скорости разложения древесины в суровых климатических условиях.

Многочисленные исследователи (Сукачев, 1922; Городков, 1926; Сочава, 1927; Андреев и др., 1935; Шиятов, 1986) наблюдали на Полярном Урале большое количество хорошо сохранившихся остатков погибших деревьев. Эти деревья являются свидетелями положения верхней границы редколесий в прошлом. Палеоэкологическая информация в годичных кольцах давно погибших деревьев обладает высоким разрешением, как в пространстве, так и во времени, обеспечивая уникальную возможность восстановить историю фактических изменений в структуре и продуктивности древостоев.

Важное обстоятельство заключается в том, что высокогорная древесная и кустарниковая растительность здесь не подвергалась заметному антропогенному влиянию, территория практически не была подвержена воздействию интенсивной хозяйственной деятельности человека. И до сих пор растительный покров развивается под воздействием естественных факторов, главным образом климатических. Маршруты сезонных миграций оленеводов огибают эту территорию из-за опасности пересечения р. Соби и железной дороги.





Рис. 1. Остатки давно погибших деревьев сохранившихся на дневной поверхности на 60–80 м выше современной границы леса

Основная масса туристов, которые посещают вершины горного массива Рай-Из, заходят с западного и северного склонов, так как там есть железная дорога. С восточной стороны к подножью гор можно добраться только на вездеходе.

Поскольку лесные сообщества играют исключительно большую роль в круговороте биогенного вещества и стабилизации условий внешней среды, проблема изучения динамики древесной растительности под влиянием изменений климата приобрела фундаментальное научное и важное социально-экономическое значение.

### Материалы и методы

Район исследования расположен на восточном макросклоне Полярного Урала, в бассейне реки Сось (66°46'–66°55' с.ш., 65°22'–65°49' в.д.), в 50 км к северо-западу от р. Оби и в 30 км к северу от полярного круга (рис. 2).

Характерной особенностью растительности восточного макросклона Полярного Урала служит значительно бóльшая его облесённость по сравнению с западным макросклоном, а также преобладание лиственничных (из *Larix sibirica* Ldb.) лесов (Городков, 1926; Сочава,

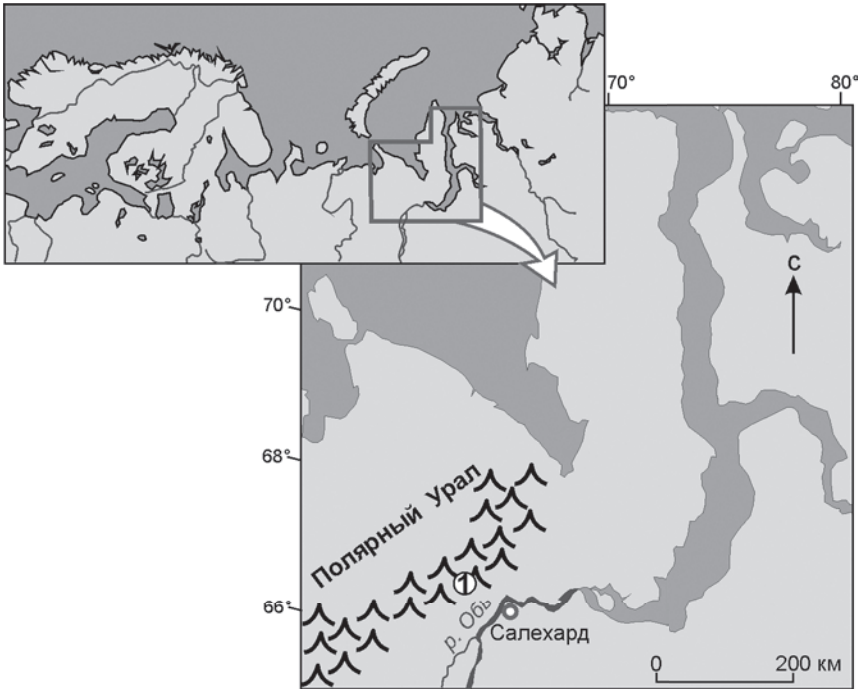


Рис. 2. Район исследований

1927; Андреев и др., 1935; Игошина, 1964). Полярный Урал, ширина которого колеблется от 30 до 80 км, представляет собой существенное препятствие для воздушных масс, движущихся с запада на восток. Поэтому для восточного макросклона, расположенного в ветровой тени, характерна меньшая облачность, большее число часов солнечного сияния, уменьшенное количество осадков и меньшая влажность воздуха, а также более высокие температуры воздуха в летние месяцы. В результате этого на восточном макросклоне возрастает континентальность климата по сравнению с западным, что благоприятствует развитию здесь древесной растительности, в частности лиственных редколесий и лесов.

Если в северной половине Полярного Урала (бассейны рек Байдараты, Щучьей, Лонготъегана и Харбея) лиственные редколесья и леса произрастают в виде небольших и изолированных друг от друга островов, расположенных в основном в долинах рек, то, начиная с бассейна р. Соби и далее к югу они встречаются в виде крупных

лесных массивов. При этом значительную роль в составе древостоев начинает играть ель сибирская (*Picea obovata* Ldb.). Здесь у подножия склонов встречаются острова и массивы елово-лиственничных лесов северотаежного типа, в которых в качестве примеси произрастает берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.). На верхней границе леса берёза пушистая замещается близким подвидом – берёзой извилистой (*Betula pubescens* Ehrh. ssp. *tortuosa* (Ldb.) Nyman).

Бассейн р. Соби расположен в центральной части восточного макросклона Полярного Урала, от верховий р. Мал. Ханмей на севере до верховий р. Хараматалоу на юге. Протяжённость хребта в пределах этого бассейна около 90 км. Здесь расположена самая высокая вершина Полярного Урала – гора Пайер (1472 м), а также хр. Бол. Пайпудынский, массив Рай-Из и большое количество горных вершин высотой 800–1300 м над ур. моря. Массив Рай-Из и гора Пайер сложены ультраосновными породами (перидотитами и дунитами), горные хребты и вершины, расположенные к северу и западу от массива Рай-Из (горы Поуркеу, Яркеу, Сланцевая и др.), – кристаллическими сланцами, а к югу от этого массива – габбро (горы Чёрная и Мал. Чёрная). С востока к главному хребту примыкает цепочка гряд и увалов высотой до 400–500 м, называемая Малым Уралом. Рельеф бассейна р. Соби характеризуется сильной расчленённостью и широким распространением ледниковых форм. Повсеместно встречается многолетняя мерзлота.

По глубоко врезанной широтной долине р. Соби лесные сообщества проникают далеко в горы (до устья р. Бол. Пайпудыны). Вдоль долин таких рек, как Бол. и Мал. Ханмей, Енгаю, Макар-Рузь и Хараматалоу, эти сообщества далеко в горы не заходят, останавливаясь у подножия восточных отрогов гор. Склоны невысоких сопок Малого Урала обычно покрыты лесной растительностью почти до самой вершины. Лиственничные редины и редколесья поднимаются по склонам гор до высоты 300–400 м, а отдельно растущие деревья в тундре – до высоты 500–550 м. Наибольшее влияние на их высотное распространение оказывают температура летних месяцев, ветровые условия зимнего времени и наличие крутых каменистых склонов. На южном склоне массива Рай-Из хорошо выражен термический тип верхней границы леса, где её положение определяется температурными условиями вегетационного периода.

Для этого района характерны значительные колебания температурных условий разной длительности (от годовых до сверхвековых),

которые оказывают большое влияние на состав и структуру древостоев лесотундровых сообществ и высотное положение верхней границы леса. Об этом свидетельствует большое количество остатков погибших деревьев разной степени перегнивания как выше современной верхней границы леса, так и под пологом ныне существующих древостоев. Например, вдоль левого берега р. Кердоманшор находится остров отмерших лиственниц площадью около 200 га. Эти деревья росли 600–1300 лет назад, когда климатические условия для произрастания древесной растительности были благоприятными. Их остатки сохранились до настоящего времени благодаря низкой скорости перегнивания древесины, а также в связи с редким посещением этих мест оленеводами. Поэтому восточный макросклон Полярного Урала в бассейне р. Соби (от основного русла Соби на севере до ручья Орех-Юган на юге) представляет исключительный интерес для изучения климатически обусловленной динамики лесотундровых сообществ. Это было отмечено Б.Н. Городковым в начале 1920-х годов, а впоследствии С.Г. Шиятовым, который в начале 1960-х годов начал систематическое изучение климатогенной динамики лесотундровых сообществ, произрастающих на верхнем пределе своего распространения. В 1960–1962 гг. в пределах экотона верхней границы леса было описано много профилей и пробных площадей, получены материалы о сезонном и годичном приросте и возрастной структуре древостоев, особенностях семеношения и распространения семян лиственницы, выделены основные экологические и физиономические типы верхней границы леса, закартировано высотное положение верхней границы леса от р. Бол. Ханмей на севере до р. Макар-Рузь на юге, сделано около 2000 ландшафтных фотографий. В это же время был заложен непрерывный высотный *профиль 1*. В 1977 г. С.Г. Шиятовым и В.С. Мазепой были собраны образцы древесины с отмерших деревьев на южном склоне массива Рай-Из и на основе анализа изменчивости ширины годичных колец была построена древесно-кольцевая хронология длительностью 960 лет (Шиятов, 1986). В 1983 г. на этом же склоне массива Рай-Из был заложен постоянный *профиль 2*, который начинался от самых верхних остатков деревьев до современной верхней границы леса и протяжённость его составила 460 м. Абсолютная датировка при помощи дендрохронологического метода времени жизни около 300 лиственниц, а также анализ их радиального прироста позволил провести погодичную реконструкцию темпера-

турных условий летнего периода и динамики верхней границы леса за последние 1300 лет (Graybill, Shiyatov, 1992; Shiyatov, 1995). Подобная работа проведена по профилю 1 (Mazera, 2005).

Характерная особенность района исследований заключается в наличии большого количества хорошо сохранившегося сухостоя и валяжа как в пределах ныне существующих древостоев, так и в нижней части пояса горных тундр. Это свидетельствует о том, что древесная растительность в прошлом произрастала на более высоких гипсометрических уровнях. Датировка времени появления и отмирания этих деревьев при помощи дендрохронологических методов даёт возможность изучить возрастную структуру и продуктивность древостоев за интервалы времени, превышающие максимальный биологический возраст лиственницы (400–450 лет). Поскольку остатки деревьев находятся на месте их произрастания, то можно также реконструировать вертикальное и горизонтальное смещение верхних границ распространения лесотундровых сообществ с высокой степенью точности.

Для изучения климатогенной динамики лесотундровой растительности за длительные интервалы времени в пределах экотона верхней границы (ЭВГ) леса в разное время было заложено шесть постоянных высотных профилей (рис. 3): I-1960, II-1983, RK-0, RK-1, RK-2, RK-3. На первых двух профилях (I-1960, II-1983) произрастают деревья лиственницы сибирской различного возраста, а также сохранены остатки давно погибших деревьев. Остальные четыре профиля (RK-0, RK-1, RK-2, RK-3) были заложены в 2004 г. На этих профилях не было зафиксировано живых деревьев в момент закладки. Остатки давно погибших деревьев на этих профилях расположены на 60–80 м выше современной границы леса.

Профиль I (I-1960) был заложен в 1960 г. на восточном склоне сопки 312,8 м, вершина которой находится в 4 км к востоку от горы Чёрная, в междуречье рек Енгаю и Кердоманшор. Он расположен на древних моренных отложениях и ориентирован в направлении преобладающих ветров. Верхняя часть профиля подвергается воздействию сильных ветров, поэтому большинство деревьев имеют многоствольную форму роста. Профиль пересекает среднюю и нижнюю часть ЭВГ, от верхней границы распространения лиственничной редины до верхней границы сомкнутого лиственничного леса с примесью ели. Он начинается на высоте 265 м и заканчивается на высоте 190 м, пересекая три лесные и две безлесные полосы шири-

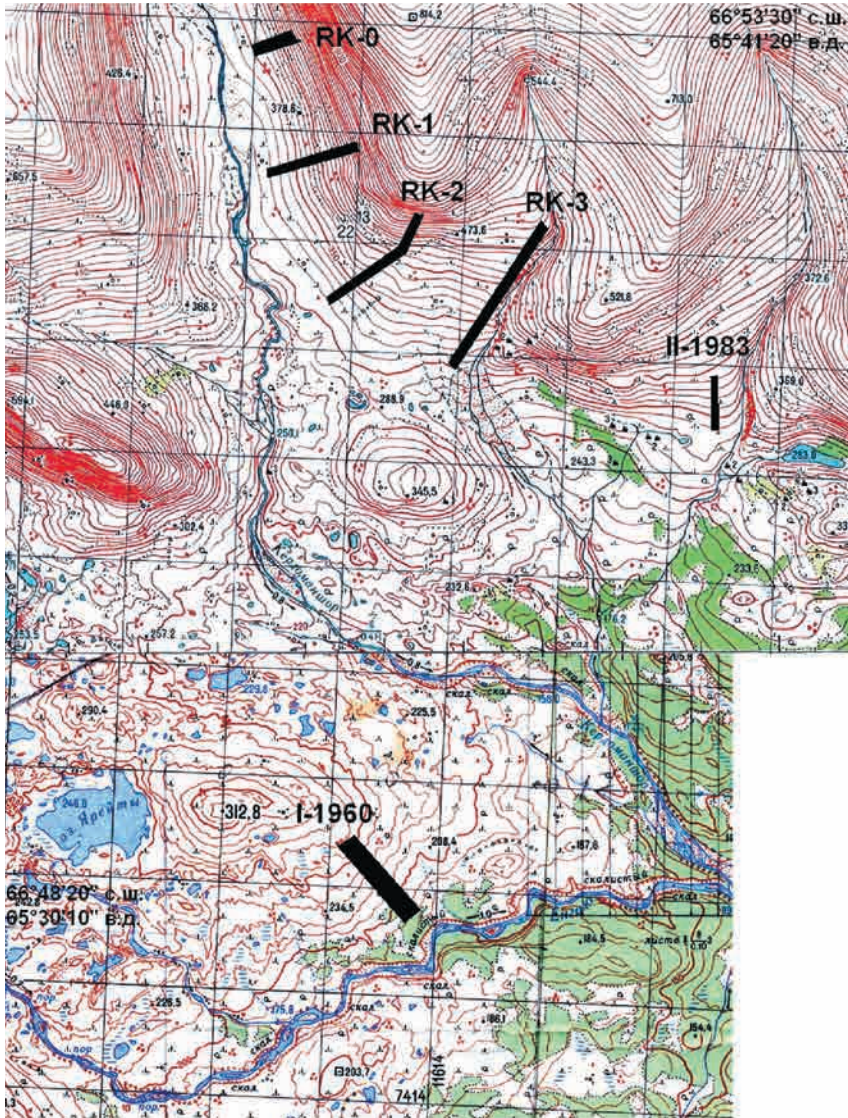


Рис. 3. Схема расположения постоянных высотных профилей в районе исследования

ной 60–100 м. Безлесье этих полос обусловлено отложением мощных сугробов снега (до 5–6 м), которые стаивают лишь к середине июля и тем самым сильно сокращают длительность вегетационного пе-

риода. Длина профиля составляет 860 м, ширина в верхней части – 80 м, в нижней – 40 м, общая площадь равна 5,6 га. Координаты его верхнего левого угла составляют 66°48'57" с.ш. и 65°34'09" в.д. Профиль I был разбит на пронумерованные квадраты со стороной 20 м, в углах которых были установлены каменные столбы. Был составлен план профиля масштаба 1:100. На этот план были нанесены границы 25 фитоценозов и расположение более 4500 живых (включая подрост) и 769 отмерших деревьев (сухостоя и валежа). Все живые деревья и подрост были пронумерованы и измерены их морфометрические характеристики (диаметр ствола в основании и на высоте груди, высота ствола у одноствольных и всех стволов у многоствольных деревьев, высота начала кроны и её диаметр).

Для углублённого понимания динамических процессов, происшедших в лесотундровой растительности в XX в., в 1999 и 2011 гг. на профиле I были проведены повторные перечёты и измерения морфометрических показателей у всех живых деревьев и крупного подроста. С имеющегося сухостоя и валежа были взяты поперечные спилы для определения календарного времени их жизни. В верхней части профиля более чем у 500 живых деревьев были взяты буровые образцы древесины на высоте груди и в основании стволов.

Высотный профиль II (II-1983) был заложен в 1983 г. на юго-восточном склоне массива Рай-Из, в пределах полностью отмершего к концу XIX в. лиственничного редколесья площадью около 40 га. На этом склоне выражен термический тип верхней границы леса, а усыхание древостоя могло произойти лишь в результате ухудшения климатических условий (Шиятов, 1970). Профиль II пересекает верхнюю часть ЭВГ, где в настоящее время произрастают молодое лиственничное редколесье и одиночные деревья в тундре. Кроме того, самая верхняя часть профиля заходит в нижнюю часть пояса горных тундр, где сохранились остатки деревьев. Протяжённость профиля составляет 430 м, ширина 20 м, он начинается на высоте 340 м над ур. моря и заканчивается на высоте 280 м. Координаты его верхнего левого угла составляют 66°51'19" с.ш. и 65°38'57" в.д. Профиль II был разбит на квадраты размером 10×10 м, в его пределах было закартировано 252 древесных остатков разной степени перегнивания. С каждого остатка, принадлежащего отдельному дереву, были взяты поперечные спилы для определения календарного времени жизни. Кроме того, были закартированы и описаны встретившиеся

на профиле подрост и молодые деревья. В связи с тем, что почвенно-грунтовые условия в пределах профиля более или менее однородны (с высотой увеличивается лишь каменистость поверхности), он не был разделён на выделы. В 2004 г. на профиле II был проведён повторный переcчёт появившихся молодых лиственниц.

Таким образом, профили I и II, расположенные на расстоянии 5,5 км друг от друга, охватывают всю ширину ЭВГ и разнообразные типы лесотундровых сообществ (от отдельных деревьев в тундре до сомкнутого леса).

Датировка календарного времени жизни отмерших деревьев производилась путём перекрёстной датировки индивидуальных древесно-кольцевых хронологий на основе полученной по этому району обобщённой хронологии по лиственнице длительностью 1250 лет (Shiyatov, 1995). В суровых климатических условиях сильно просмоленные древесные остатки (основания стволов и крупные корни) сохраняются длительное время (до 800–1300 лет). Поскольку у большей части древесных остатков подкорковое кольцо и заболонь не сохранились, то для определения более точной даты отмирания дерева прибавлялось до 15–20 колец. Сердцевинное кольцо было в наличии у большинства спилов. Тем не менее, приходилось делать поправки на высоту взятия спила, а у некоторых образцов рассчитывать количество сгнивших центральных колец. Благодаря высокой чувствительности древесно-кольцевых хронологий около 90% древесных остатков были датированы (на профиле I – 667 из 769 шт., на профиле II – 221 из 252 шт.). Недатированными оказались в основном небольшие остатки древесины, которые содержали менее 30–40 годичных колец.

Для изучения закономерностей накопления и распределения фитомассы деревьев лиственницы по фракциям (древесина стволов, ветвей и корней до 1 см в диаметре, кора, хвоя) были выкорчеваны и проанализированы 33 модельных дерева (20 одноствольных, 10 многоствольных и 3 стланика) различного возраста и диаметра, произраставшие в непосредственной близости от профиля I. В полевых условиях эти деревья были разделены на фракции: древесина стволов и кора стволов, древесина ветвей и кора ветвей, хвоя, древесина скелетных корней и кора скелетных корней. Все фракции были взвешены, а с них взяты навески. В лабораторных условиях все навески высушивались до абсолютно сухого состояния и повторно взвешивались. В результате были получены аллометрические соотношения (рис. 4)



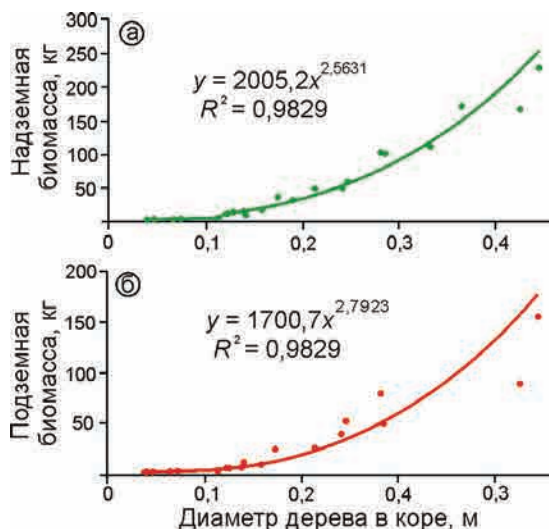


Рис. 4. Аллометрические соотношения между диаметром живых деревьев в коре и абсолютно сухой надземной (а) и подземной (б) фитомассой

между диаметром дерева и фитомассой абсолютно сухого вещества каждой фракции. Для многоствольных и стланиковых форм роста лиственницы в качестве диаметра выбрали приведённый диаметр, который равен сумме периметров всех стволов у основания особи.

Для оценки вековых изменений продукционного процесса древесного яруса на профиле I использовались данные о радиальном приросте более 500 живых и 667 отмерших деревьев. На основе этих данных для каждого такого дерева был рассчитан накапливающийся диаметр в каждом календарном году. Если в образцах древесины имелись сгнившие участки, то для оценки среднего прироста такого участка использовали палетку с концентрическими окружностями. Поправки делались и в тех случаях, когда имелись эксцентричные или сгнившие периферийные годичные кольца.

## Результаты и обсуждение

**Динамика лесотундровой растительности за последнее тысячелетие.** На рис. 5 горизонтальными отрезками показано календарное время жизни погибших лиственниц, произраставших в пределах всех профилей. Изображены местонахождение и возраст части живых

деревьев. На профиле II в течение длительного интервала времени (с начала XIX до начала XX в.) отсутствовали живые деревья. На профиле I такого не наблюдалось, поскольку он расположен в более благоприятных мезоклиматических условиях (средняя и нижняя части ЭВГ). Живые деревья произрастали на нём в течение всего рассматриваемого периода, но на рисунке показаны лишь те из них, которые находятся в верхней лесной полосе. В правом нижнем углу рис. 4 не изображена информация о живых деревьях, так как она «перекрыла» бы существенную картину распределения давно погибших деревьев.

Как видно из рис. 5, наиболее древняя древесина, сохранившаяся до настоящего времени, принадлежит деревьям, которые появились в начале и середине VIII в. Таких остатков сохранилось немного, так как большая часть их сгнила, или сохранились небольшие кусочки древесины, которые невозможно датировать дендрохронологическим методом. Отсутствие древней древесины в нижней части профилей связано с тем, что она здесь перегнивает быстрее вследствие более благоприятных микроклиматических условий и обрастания валежа растительной дерниной.

Благодаря длительной сохранности древесины в верхней части профилей нам удалось реконструировать динамику верхней границы лиственничных редколесий за последние 1500 лет, используя для этих целей самые верхние остатки деревьев (рис. 6). С начала V и до конца XIII в. происходило непрерывное поднятие верхней границы редколесий с 390 до 420 м над ур. моря. Наиболее высокое положение эта граница занимала в течение всего XIII и в начале XIV вв. После этого началось массовое отмирание деревьев и снижение верхней границы редколесий вплоть до начала XX в. Наиболее интенсивное снижение этой границы наблюдалось в XV и XIX вв. К началу XIX в. на профиле II не осталось ни одного живого дерева, а верхняя граница редколесий снизилась до 260 м над ур. моря. На профиле I на высоте 250–265 м сохранилось лишь несколько лиственниц и одна ель стланиковой формы роста. Снижение верхней границы редколесий было неравномерным во времени. Более того, во второй половине XVII и большей части XVIII вв. произошло небольшое её поднятие за счёт формирования ныне перестойного поколения лиственницы.

Ситуация изменилась на противоположную в 1920-х годах, когда на профиле II стал появляться жизнеспособный подрост, а на профиле I стланиковые формы роста деревьев стали превращаться

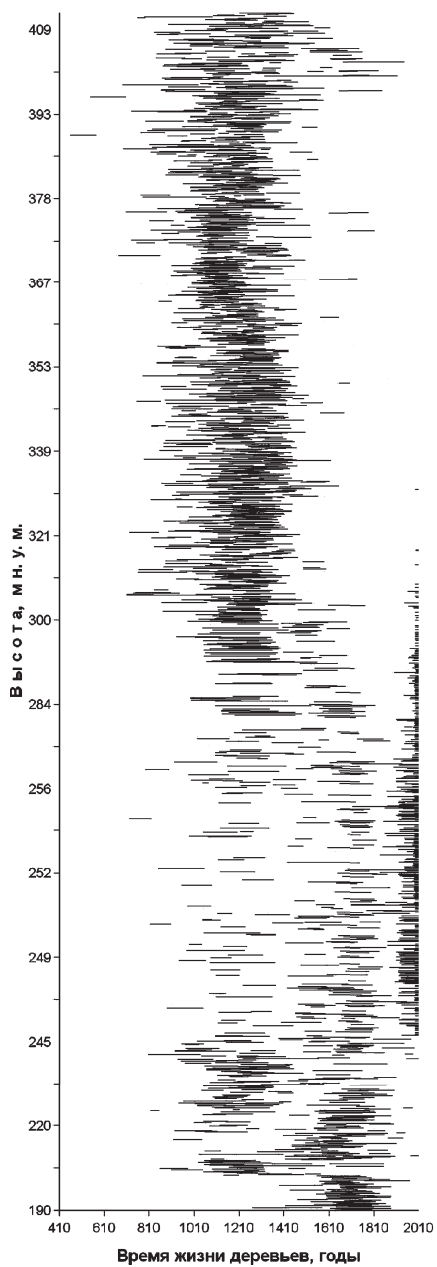


Рис. 5. Высотное расположение и время жизни (вертикальные линии) давно погибших и части живых деревьев на заложенных профилях

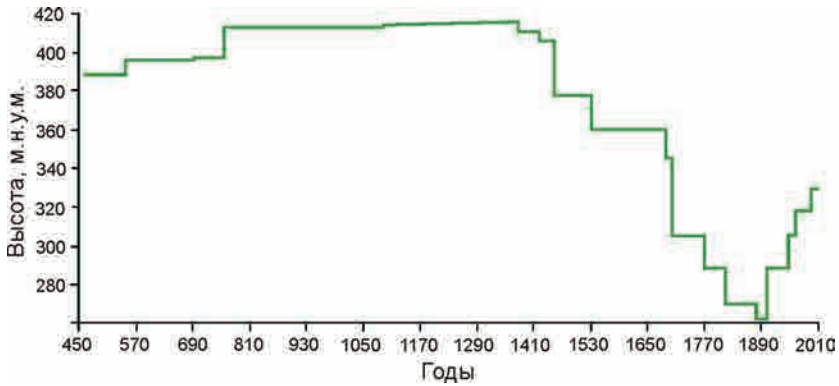


Рис. 6. Динамика верхней границы редин и редколесий, полученная на основе датировок времени жизни ныне живых и давно погибших деревьев

в многоствольные формы. По данным перечётов 1983 г., в нижней половине профиля II было обнаружено всего 16 молодых лиственниц, самая старая из которых появилась в начале XX в. Повторный перечёт, проведённый в 2004 г., показал, что в течение последних 20 лет на этом склоне происходило интенсивное расселение лиственницы. Численность лиственницы, включая молодые деревья и подрост, увеличилась с 16 до 145 особей. При этом две самые верхние лиственницы возрастом 10 лет появились уже на высоте 330 м над ур. моря, т.е. почти достигли того же высотного уровня, до которого поднималась древесная растительность в XV в. Верхняя граница редколесий в XX в. на профиле II поднялась с 260 до 310 м, выше встречаются лишь одиночные молодые деревца и подрост. На фотографиях (Шиятов, 2009), сделанных с одной и той же точки в 1962 и 2004 гг. в средней части профиля, хорошо видно, что 40 лет назад молодые деревья отсутствовали, а в настоящее время уже сформировалась типичная лиственничная редица. Более подробные сведения о величине и скорости смещения верхней границы редколесий на этом склоне можно найти в работе (Shiyatov, 2003).

Синхронно с высотными изменениями верхней границы редколесий происходили изменения в структуре и продуктивности древостоев лесотундровых сообществ. Анализ рис. 6 показывает, что в XII–XIII вв., когда верхняя граница редколесий поднималась наиболее высоко за последнее тысячелетие, в пределах ЭВГ произрастали наиболее густые древостои, несмотря на то, что не вся древесина от-

мерших деревьев сохранилась до настоящего времени. Об этом свидетельствует сравнение густоты древостоев на изученных профилях. На профиле II, где условия для перегнивания древесины менее благоприятные, рисунок показывает наличие более густых древостоев по сравнению с профилем I. Впоследствии подобной густоты древостоев достигали на профиле I лишь в XVII–XVIII вв. В настоящее время за счёт появления молодого поколения лиственницы происходит формирование густых и продуктивных древостоев. Сильное изреживание древостоев происходило в XV–XVI и особенно в XIX вв.

На основе данных о накапливающихся в течение жизни диаметрах у живых и отмерших деревьев на профиле I и аллометрических соотношениях между диаметром модельных деревьев и фитомассой абсолютно сухого вещества была получена оценка продукционного процесса во времени. Результаты изменения фитомассы древесного яруса в целом для профиля I за последние 800 лет приведены на рис. 7. Для лучшего восприятия и выявления длительных трендов в изменении фитомассы древостоев фактические данные до начала XX в. представлены через каждые 100 лет, а для современного периода – через

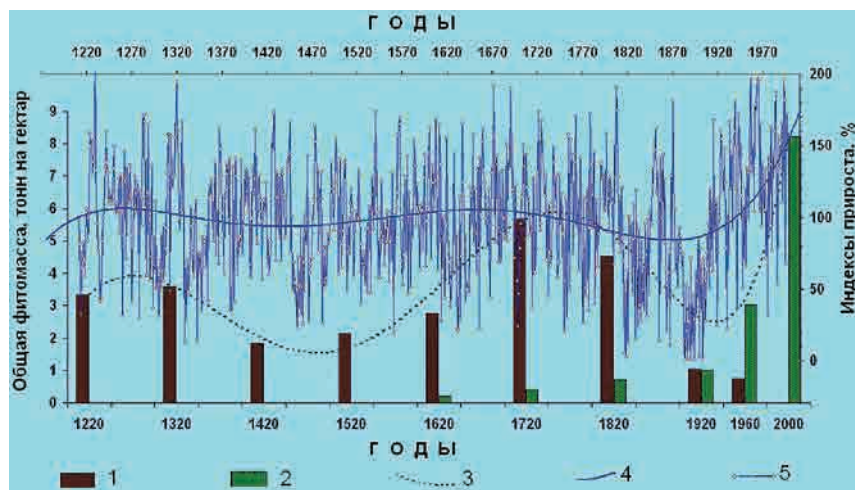


Рис. 7. Динамика фитомассы древесного яруса на Полярном Урале за последние 800 лет. 1 – оценка фитомассы по отмершим деревьям, 2 – оценка фитомассы по живым деревьям, 3 – тренд изменения фитомассы, 4 – годовой ход индексов радиального прироста лиственницы, 5 – тренд изменения индексов прироста

40–60 лет. Фактическая фитомасса для каждого оцениваемого периода представляла собой сумму фитомасс ныне живых и отмерших деревьев. Хорошо видно, что за рассматриваемый промежуток времени наблюдалось три максимума и два минимума в изменении фитомассы. Первый максимум наблюдался в XIII в., второй – в XVII–XVIII вв., а третий – в XX в. Минимальные запасы фитомассы древостоев на профиле I были в XV–XVI и XIX вв. На самом деле оценка запасов фитомассы для наиболее древних отрезков времени, по крайней мере до XIX в., несколько занижена, так как не была учтена фитомасса деревьев, полностью сгнивших, а также деревьев, от которых остались небольшие и сильно перегнившие остатки. Как указывалось выше, мелкие остатки древесины, содержащие небольшое число годичных колец, трудно или невозможно датировать при помощи дендрохронологического метода. Для наших целей не так важно точное определение запасов фитомассы за столь длительный интервал времени.

Важнейший результат этой работы заключается в выявлении длительных трендов в изменении продуктивности древостоев в связи с изменением климатических условий. Для подтверждения этого на рис. 6 показаны ежегодный ход и вековые изменения индексов прироста лиственницы в районе исследований (верхние кривые), которые отражают динамику термического режима летних месяцев (июня–июля) (Ваганов и др., 1998). Индексы прироста были сглажены низкочастотным фильтром, т.е. тем же способом, что и фитомасса древостоев. В индексах прироста слабо выражены вековые колебания в результате использования образцов древесины с относительно небольшим количеством годичных колец (150–350 шт.), а также применения процедуры стандартизации. Однако на рис. 7 отчетливо видно, что тренды изменения фитомассы и индексов прироста синхронны, что свидетельствует об однонаправленности этих процессов. Как было показано выше, синхронно изменялось высотное положение верхней границы редколесий и густота древостоев. Это свидетельствует о том, что все эти процессы взаимосвязаны и определяются изменением общего фактора, независимо от местоположения древостоев в пределах ЭВГ и почвенно-грунтовых условий. Такими факторами могут быть только климатические, в частности, термический режим летних месяцев.

Существует много данных по изменению климата, полученных с использованием прямых и косвенных источников информации, свидетельствующих о том, что в Северной Евразии происходили

сходные длительные изменения климатических условий (Ваганов и др., 1998; ASIA, 2005). В средние века (VIII–XIII вв.) наблюдалось повсеместное потепление климата, которое сменилось похолоданием – так называемым малым ледниковым периодом. Имеются разные точки зрения на то, когда началось и закончилось это похолодание. Наши данные свидетельствуют о том, что на Полярном Урале оно началось в самом конце XIII в. и продолжалось вплоть до начала XX в. При этом самым холодным был XIX в., судя по данным о приросте, структуре, продуктивности и пространственном распространении древостоев лесотундровых сообществ.

**Динамика лесотундровой растительности в XX в.** Чтобы лучше понять и количественно оценить влияние изменений климата на лесотундровую растительность, мы уделили особое внимание изучению изменений, которые произошли в XX в. в связи с современным потеплением климата, начавшимся в 1920-х годах и продолжающимся до настоящего времени.

На рис. 8 приведены картосхемы распределения различных типов лесотундровых сообществ на начало 1910-х и 2000-х годов. Эти данные свидетельствуют о существенной трансформации и пространственном перераспределении различных типов сообществ в пределах ЭВГ. Происходила интенсивная экспансия древесной растительности, которая выразилась в существенном увеличении площадей редколесий и сомкнутых лесов и сокращении площади тундр с одиночными деревьями (почти на 1 тыс. га). Площадь, занятая рединами, изменялась своеобразно: в первой половине XX в. произошёл скачкообразный рост (с 642 до 950 га), а во второй половине этого столетия площадь редины сократилась и в настоящее время лишь на 91 га превышает площадь, которую они занимали в начале рассматриваемого периода. Это связано с тем, что лиственничные редины перешли в категорию редколесий и сомкнутых лесов. Площадь редколесий увеличивалась более или менее равномерно – с 618 га в начале прошлого столетия до 951 га в настоящее время. Больше всего изменилась площадь, занимаемая сомкнутыми лесами. Если в начале 1910-х годов на рассматриваемой территории было 12 небольших участков сомкнутых лесов, общая площадь которых составляла 22 га, то в настоящее время они занимают 534 га площади экотона. Произошло значительное увеличение степени облесённости территории. Если в 1910-х годах площадь редины, редколесий и сомкнутых лесов составляла 1282 га, или 24%

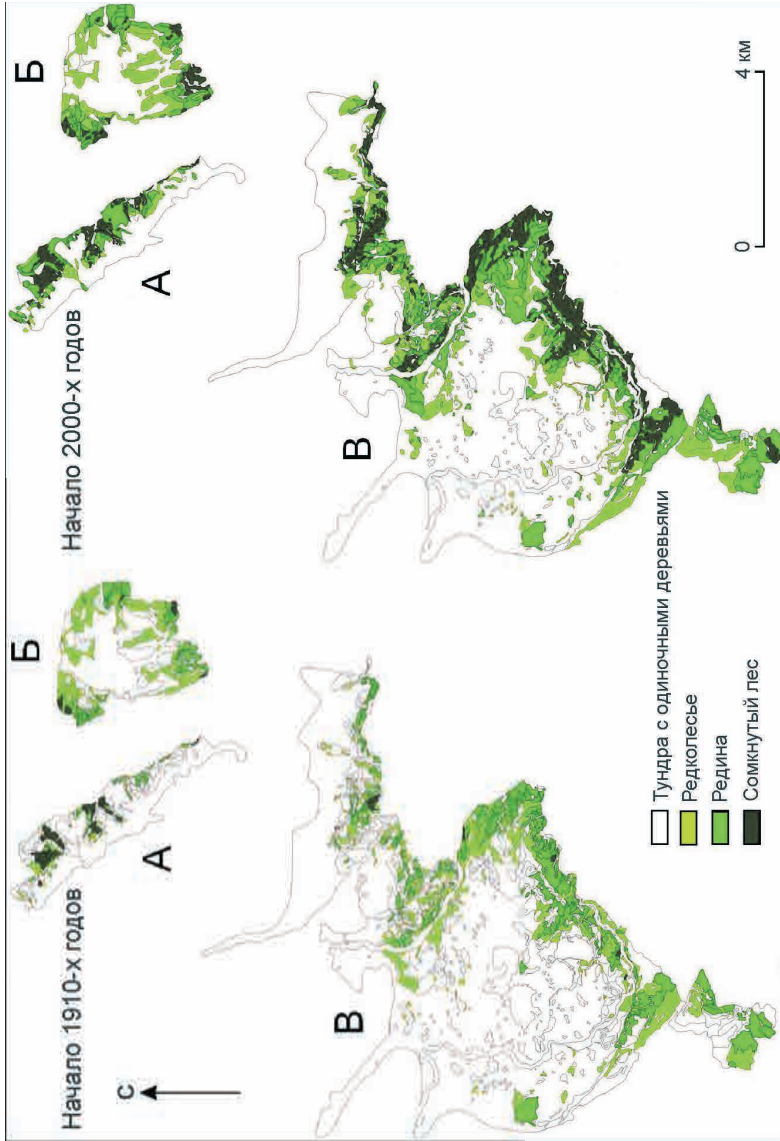


Рис. 8. Распределение различных типов лесотундровых сообществ в экотоне верхней границы древесной растительности в начале 1910-х и 2000-х годов: А – район массива Рай-Из, Б – район горы Сланцевой, В – район гор Черной и Малой Черной



от закартированной площади, то в 1960-х годах она увеличилась до 1944 га (36%), а в настоящее время составляет 2218 га (41%). Другими словами, облесённость экотона возросла почти вдвое.

На многих склонах произошло продвижение верхней границы распространения редин, редколесий и сомкнутых лесов выше в горы. Верхняя граница редколесий поднялась в среднем на 26 м, а сомкнутых лесов – на 35 м. Горизонтальный сдвиг этих границ составил в среднем 290 и 520 м соответственно (Шиятов и др., 2007).

Одновременно с увеличением площадей, занятых редколесьями и сомкнутыми лесами, значительно увеличился прирост деревьев в высоту и по диаметру. Средняя величина годичного радиального прироста за последние 70–90 лет составила 0,83 мм, которая в предшествующие 60–80 лет была примерно в 4 раза меньше (0,21 мм). Заметно увеличился средний прирост в высоту у лиственницы одноствольной формы роста после 1920-х годов (почти в 2 раза, с 3,2 до 6 см). У стланиковых и многоствольных форм роста лиственницы прирост в высоту за этот период увеличился ещё больше (в 4–5 раз, с 0,4–1,2 до 1,9–5,2 см соответственно). Уменьшилась межгодовая изменчивость радиального прироста, обусловленная в основном колебаниями термических условий летнего периода (коэффициент чувствительности снизился с 0,6 до 0,4), что свидетельствует об улучшении условий для роста деревьев.

Во второй половине XX в. возросла также и продуктивность древостоев. На основе данных повторных перечётов на профиле I были получены оценки изменения фитомассы, количества деревьев, запаса и полноты древостоев за последние 40 лет. Произошло увеличение фитомассы, густоты и полноты древостоев в 2–5 раз на большинстве выделов за столь короткий промежуток времени. На отдельных выделах, почти безлесных в 1960-х годах, эти показатели увеличились ещё больше.

По высотному градиенту профиля I распределение фитомассы древесного яруса лежит в пределах от 7 до 30 т га<sup>-1</sup>. При этом соотношение надземной и подземной фитомассы в верхней части профиля равно 3,4:1, в средней части – 1,9:1, а в нижней части – 1,7:1.

В нижней части экотона под пологом лиственничных древостоев наблюдается успешное возобновление ели сибирской. Данные об экспансии ели под полог лиственничных древостоев и смещении верхней границы распространения ели выше в горы получены нами

лишь в 2006 г. на специально заложенном профиле и в этой статье не рассматриваются.

Мы считаем, что интенсивная экспансия древесной растительности в XX в. обусловлена повышением температуры в летний и зимний периоды. Подтверждением этому служит анализ инструментальных данных по метеостанции Салехард за последние 120 лет. Согласно этим данным, в 1920-х годах произошло существенное потепление и увлажнение климата, которое продолжается до настоящего времени. Температура летних месяцев (июня–августа) в 1883–1920 гг. составляла 10,7 °С, в 1920–2004 гг. – 11,4 °С, т.е. возросла на 0,7 °С, а зимних месяцев (ноябрь–март) – на 1,1 °С (с –20,8 до –19,7 °С). Количество выпавших осадков в летние месяцы увеличилось на 32 мм (с 147 до 179 мм), а зимних – на 46 мм (с 67 до 113 мм). Как показало сравнение реконструированных летних температур по ширине годичных колец лиственницы в разных районах сибирской Субарктики (Ваганов и др., 1998), на Полярном Урале потепление климата в XX в. было больше, чем на севере Западной Сибири и Таймыра. Существенное значение для интенсивной экспансии древесной растительности имел более ранний срок начала вегетационного периода, о чём свидетельствует значительное повышение температуры мая. Если в 1883–1920 гг. она составляла –2,4 °С, то в 1920–2004 гг. повысилась до –1,1 °С, т.е. возросла на 1,3 °С. С учётом высотного градиента температуры летних месяцев на Полярном Урале 0,7 °С, температурная граница, при которой возможно существование древесной растительности, поднялась выше в горы примерно на 100 м.

По интенсивности современное потепление, видимо, сравнимо с потеплением в XII–XIII вв. Однако на большинстве склонов древесная растительность ещё не достигла своего климатически обусловленного предела и тех высотных уровней, на которых она произрастала в XIII в. Основной причиной этого служит слабая обеспеченность семенами тундровых участков, расположенных в верхней части ЭВГ. Ранее было показано (Шиятов, 1966), что в этом районе вылет семян лиственницы из шишек происходит на следующий год после их формирования. Весь зимний период семена находятся в шишках, и лишь с наступлением тёплой и солнечной погоды шишки раскрываются, и начинается их массовый вылет. Обычно это происходит в июне–июле, когда снежный покров отсутствует. Тяжёлые семена лиственницы разносятся ветром не далее чем на 40–60 м от плодоносящего

деревя, и дальнейшее их распространение вверх по склону происходит в незначительных количествах. Поэтому многие пригодные для произрастания древесной растительности местообитания до сих пор остаются безлесными или слабо облесенными. С этой точки зрения можно объяснить, почему наиболее существенное облесение тундровых территорий и более интенсивная трансформация редкостойных древостоев в более густые происходили в нижней части ЭВГ, где, кроме более благоприятных микроклиматических и почвенно-грунтовых условий, лучше обеспеченность семенами.

### **Заключение**

Анализ полученных материалов показывает, что Полярный Урал, особенно его восточный макросклон, – перспективный район для изучения климатогенной динамики лесотундровой растительности. Здесь постоянно происходит трансформация одних типов лесотундровых сообществ в другие и изменение границ их распространения в связи с изменением климатических условий. Подобные процессы протекают довольно медленно, с характерным запаздыванием, и это необходимо учитывать при разработке моделей динамики лесных экосистем при изменении климата. Приведённые в этой статье количественные данные о реакции различных компонентов лесотундровых сообществ на изменение климатических факторов могут быть использованы в этих целях.

Важнейший результат этой работы заключается в выявлении длительных трендов в изменении продуктивности древостоев, вызванных изменениями климатических условий. Для подтверждения этого на рис. 7 показаны годовые и вековые изменения индексов прироста лиственницы в районе исследований, которые отражают динамику термического режима летних месяцев (Ваганов и др., 1998). Отчётливо видно, что тренды изменения фитомассы и индексов прироста синхронны, и это свидетельствует об однонаправленности процессов. Синхронно изменялось высотное положение верхней границы редколесий и густота древостоев, т.е. все эти процессы взаимосвязаны и определяются изменением общего фактора, независимо от местоположения древостоев в пределах экотона верхней границы леса и почвенно-грунтовых условий. Такими факторами могут быть только климатические, в частности, термический режим летних месяцев.

Существует много данных по изменению климата, полученных с использованием прямых и косвенных источников информации, свидетельствующих о том, что в Северной Евразии происходили сходные длительные изменения климатических условий (АСИА, 2005). В средние века (VIII–XIII вв.) наблюдалось повсеместное потепление климата, которое сменилось похолоданием – малым ледниковым периодом. Наши данные свидетельствуют о том, что на Полярном Урале оно началось в самом конце XIII в. и продолжалось вплоть до начала XX в. При этом самым холодным был XIX век.

Современное потепление климата, начавшееся в 1920-х годах и продолжающееся до настоящего времени, привело к интенсивной экспансии древесной растительности в горные тундры, значительному повышению продуктивности древостоев, продвижению верхней границы леса выше в горы на 40–60 м, увеличению степени облесённости экотона верхней границы леса вдвое.

Отсутствие лесных пожаров, антропогенного и техногенного влияния на древостои лиственницы, признаков других катастрофических явлений в районе исследований указывают на то, что динамика лесов – в основном результат изменений климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 11-04-00623, № 13-04-00961, программы Президиума РАН 12-П-4-1073, программы интеграционных проектов УрО РАН № 12-С-4-1038.

## Литература

- Андреев В.Н., Игошина К.Н., Лесков А.И. Олени пастбища и растительный покров полярного Приуралья // Советское оленеводство. 1935. Вып. 5. С. 171–409.
- Вазанов Е.А., Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М., Наурузбаев М.М. Изменчивость летней температуры воздуха в высоких широтах Северного полушария за последние 1,5 тыс. лет: сравнительный анализ данных годовичных колец деревьев и ледовых кернов // ДАН. 1998. Т. 358. № 5. С. 681–684.
- Городков Б.Н. Полярный Урал в верхнем течении р. Соби // Тр. Ботанич. музея АН СССР. 1926. Т. XIX. С. 1–74.
- Игошина К.Н. Растительность Урала // Тр. Ботанич. ин-та АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 16. М., Наука, 1964. С. 83–230.
- Сукачев В.К. К вопросу об изменении климата и растительности на севере Сибири в послетретичное время // Метеорол. вестник. 1922. Т. 22. № 1–4. С. 25–43.
- Соцава В.Б. Ботанический очерк лесов Полярного Урала от р. Нельки до р. Хулги // Тр. Ботанич. музея АН СССР. 1927. Т. XXII. С. 1–71.

- Шиятов С.Г. Время рассеивания семян лиственницы сибирской в северо-западной части ареала и роль этого фактора во взаимоотношении леса и тундры // Вопросы физиологии и геоботаники. Зап. Свердловского отделения ВБО. 1966. Вып. 4. С. 109–113.
- Шиятов С.Г. О типах верхней границы леса и её динамике на Полярном Урале // Биологич. основы использования природы Севера. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1970. С. 73–81.
- Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.
- Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В., Цимменманн Н.Е. Вертикальный и горизонтальный сдвиги верхней границы редколесий и сомкнутых лесов в XX столетии на Полярном Урале // Экология. 2007. № 4. С. 1–6.
- Шиятов С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 216 с.
- Шиятов С.Г., Мазена В.С. Климатогенная динамика лесотундровой растительности на Полярном Урале // Лесоведение. 2007. № 6. С. 11–22.
- ACIA. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press: Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, San Paulo, 2005. 1042 p.
- Becker A., Bugmann H. Global Change and Mountain Regions: The Mountain Research Initiative. IGBP Report 49. IGBP Secretariat, 2001. Stockholm, Sweden.
- Briffa K.R., Jones P.D., Schweingruber F.H., Shiyatov S.G., Cook E.R. Unusual twentieth-century summer warmth in the 1000-year temperature record from Siberia // Nature. 1995. V. 376. P. 156–159.
- Esper J., Schweingruber F.H. Large-scale treeline changes recorded in Siberia // Geophys. Research Letters. 2004. V. 31. Цифровой идентификатор электронной библиотеки (doi):10.1029/2003GL019178.
- IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change // Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.). Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2007. 996 p.
- Jackson S.T., Overpeck J.T., Webb III T., Keattch S.E., Anderson K.H. Mapped plant-macrofossil and pollen records of late quaternary vegetation change in eastern North America // Quaternary Science Reviews. 1997. V. 16. № 1. P. 1–70.
- Graybill D.A., Shiyatov S.G. Dendroclimatic evidence from the northern Soviet Union // Climate since A.D. 1500 / Eds. R.S. Bradley, P.D. Jones). London and New York: Routledge, 1992. P. 393–414.
- Holtmeier F.-K. Mountain Timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2003. 369 p.
- Kittel T.G.F., Steffen W.L., Chapin F.S. Global and regional modelling of arctic-boreal vegetation distribution and its sensitivity to altered forces // Global Change Biology. 2000. № 6. P. 1–18.

- Kullman L.* Dynamics of altitudinal tree-limits in Swiden: a review // *Nor. Geogr. Tidsskr.* 1990. V. 44. P. 103–116.
- Körner Ch.* *Alpine Plant Life.* Berlin: Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. 343 p.
- Mazepa V.S.* Stand density in the last millennium at the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains // *Canadian Journ. of Forest Research.* 2005. V. 35. № 9. P. 2082–2091.
- Miller G.H., Alley R.B., Brigham-Grette J., Fitzpatrick J.J., Polyak L., Serreze M.C., White J.W.C.* Arctic amplification: can the past constrain the future? // *Quaternary Science Reviews.* 2010. V. 29. P. 1779–1790.
- Shiyatov S.G.* Reconstruction of climate and the upper timberline dynamics since AD 745 by tree-ring data in the Polar Ural Mountains // *Intern. Conf. on Past, Present and Future Climate / Ed. Henkinheimo Pirkko. Painatuskeskus: Publication of the Academy of Finland.* V. 6/95, 1995. P. 144–147.
- Shiyatov S.G.* Rates of change in the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains // *PAGES News.* V. 11. № 1. April 2003. P. 8–10.

**V.S. Mazepa, S.G. Shiyatov**

**TREE-LINE DYNAMICS IN THE POLAR URAL MOUNTAINS  
AS AN EVIDENCE OF CLIMATE CHANGE**

The paper presents the results of long-term researches concerning climate changes impact on species composition, structure, productivity and spatial distribution of the forest-tundra communities growing at the upper tree-line ecotone in the eastern macroslope of the Polar Ural Mountains (Sob' River basin). The limits of variation of forest-tundra vegetation in the last millennium on such parameters, as high-altitude tree-line position of open and closed larch forests and their productivity and were shown. Comparison of these parameters with centennial variation of summer temperature reconstructed by tree-ring analysis is performed. Spatio-temporal dynamics of forest-tundra communities within 20<sup>th</sup> century is analysed in details in connection with modern climate warming.

Научное издание  
**ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ**

*Сборник 137*

**ИССЛЕДОВАНИЯ ГОР**  
**ГОРНЫЕ РЕГИОНЫ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ.**  
**РАЗВИТИЕ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

*Рекомендовано к печати*  
*Ученым советом*  
*Института географии РАН*

Оригинал-макет выполнен П.Р. Накаловым  
Рисунки подготовлены Л.В. Набоковой

Фото на обложке:

*Алтай. Вид на гору Белуха со стороны Катуня. Автор Ю.П. Баденков.*  
*Северный Кавказ. Северная Осетия. Горный ландшафт со сторожевой башней.*  
*Автор Р.Г. Грачёва.*  
*Полярный Урал. Панорама рудника Рай-Из. Автор Г.Н. Савельева.*

Подписано к печати 07.03.14

Формат 60 × 90 1/16.

Печать офсетная

Усл. печ. л. 36,5

Тираж 500 экз. Заказ № 279

Русское географическое общество  
Штаб-квартира Русского географического общества в Москве  
109012, Москва, Новая пл., 10, стр. 2  
e-mail: [rgo@rgo.ru](mailto:rgo@rgo.ru)  
[www.rgo.ru](http://www.rgo.ru)

ООО «Издательский дом «Кодекс»  
г. Москва, Графский переулок, д. 9, стр. 2.  
Отпечатано в ООО «ТИПОГРАФИЯ КЕМ»  
г. Москва, Графский переулок, д. 9, стр. 2.  
Тел.: (495) 933-59-00



9 785904 280383