

УДК 630*165.1: 630*181.65

**И.Н. Болотов¹, М.В. Сурсо¹, Б.Ю. Филиппов², М.Ю. Гофаров¹,
А.М. Тараканов³**

¹Институт экологических проблем Севера УрО РАН

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

³ФГУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

Болотов Иван Николаевич родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Поморский государственный университет, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории комплексного анализа наземной и космической информации для экологических целей, заместитель директора по научным вопросам Института экологических проблем Севера УрО РАН. Имеет более 100 научных публикаций в области эволюционной и популяционной экологии, ландшафтоведения, биогеографии, зоологии.

E-mail: inepras@yandex.ru



Сурсо Михаил Вольдемарович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института экологических проблем Севера УрО РАН. Имеет 50 научных работ в области эмбриологии голосеменных.

E-mail: surso@iepn.ru



Филиппов Борис Юрьевич родился в 1974 г., окончил в 1997 г. Поморский государственный университет, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоологии и экологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 40 научных работ в области популяционной экологии.

E-mail: fby@yandex.ru.



Гофаров Михаил Юрьевич родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Поморский государственный университет, кандидат географических наук, старший научный сотрудник ИЭПС УрО РАН. Имеет более 20 научных работ в области геоморфологии, ландшафтоведения, геоинформатики и географической картографии, геоэкологии.

E-mail: zubr3@yandex.ru



Тараканов Анатолий Михайлович родился в 1943 г., окончил в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией лесоведения и гидроресомелиорации ФГУ СевНИИЛХ. Имеет более 150 научных работ в области изучения природы заболоченных лесов, эффективности гидроресомелиорации, моделирования роста и формирования осушаемых лесов и организации хозяйства в них.

E-mail: forestry@arh.ru



ИЗМЕНЕНИЯ ДРЕВОСТОЕВ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ЛЕСНЫХ ОСТРОВАХ ВОСТОКА БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 100 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА*

Проведена оценка изменения еловых древостоев в лесных островах Медвежий (Ошдимыльк) и в урочище Пымвашор востока Большеземельской тундры (бассейн р. Адзвы) на основе метода повторных ландшафтных фотографий (снимки 1909 и 2010 гг.). Установлено, что за минувшие 100 лет произошло существенное расширение лесных островов, резкое увеличение густоты и высоты древостоя, формирование сомкнутых лесных сообществ и редколесий на месте редин. Аналогичные процессы были выявлены во многих горных и тундровых регионах Северной Евразии, что связано с современным потеплением климата.

Ключевые слова: лесной остров, ель, Большеземельская тундра, метод ландшафтных фотографий.

В Большеземельской тундре имеется целый ряд изолированных лесных островов в бассейнах рек Море-Ю, Ортина и Адзва. Самые северные лесные острова на северо-востоке Европы расположены в долине р. Море-Ю, характеристика их флоры, почв и структуры лесных экосистем приведена в работах [6, 12, 15, 16]. Есть некоторые данные по растительности и почвам лесного острова в бассейне р. Ортина [11, 24]. Крайне скудна информация по бассейну р. Адзвы, хотя здесь, в урочище Ошдимыльк, расположен крупный Медвежий лесной остров, а также небольшие лесные острова в районе урочищ Пымвашор и Дэршор [3, 17].

Ранее высказывалось мнение о том, что изолированные лесные острова в тундровой зоне могут служить индикаторами изменений климата [24]. Однако долговременные изменения, происходящие в лесных островах Большеземельской тундры, до настоящего времени были не исследованы, хотя имеются многочисленные работы по динамике растительности в зоне контакта леса и тундры на Полярном Урале [2], в Сибири [5, 8–10] и др. регионах.

Целью настоящей работы был анализ изменений еловых древостоев лесных островов за последние 100 лет и сопоставление полученных результатов с опубликованными ранее материалами для других регионов Северной Евразии.

Материал и методика

В основу работы был положен метод повторных ландшафтных (наземных) фотографий, который довольно редко применяется для исследова-

* Исследования выполнены при финансовой поддержке Президента России (МД-4164.2011.5), РФФИ (№10-04-00897), УрО РАН (№12-П-5-1014), ФЦП «Кадры» и программы «Темплан вузов» (№546152011).

ния пространственно-временной динамики древесной растительности из-за плохой сохранности старых снимков и трудности нахождения прежних точек съемки [2]. В Санкт-Петербургском филиале архива РАН нами был обнаружен фотоснимок термального урочища Пымвашор, который сделал Н.А. Кулик, а из фотографической вклейки в монографии С.А. Керцелли [7] был взят снимок Медвежьего лесного острова. Оба снимка датированы 1909 г. Поскольку мы располагали оригинальным негативом снимка Н.А. Кулика, то качество отсканированной копии оказалось сравнительно высоким. Однако полиграфические технологии в губернских издательствах в начале XX в. были достаточно примитивными – копия снимка С.В. Керцелли оказалась не четкой, поэтому была проведена ее компьютерная обработка путем нормализации гистограммы.

В 2009–2011 гг. в рамках Полярной комплексной экспедиции Института экологических проблем Севера УрО РАН и Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова были организованы полевые исследования изолированных лесных урочищ Большеземельской тундры, в том числе Пымвашора, Дэршора и Ошдимылька с Медвежьим островом. В 2010 г. были выявлены точки, с которых Н.А. Кулик и С.В. Керцелли проводили съемку в 1909 г., и сделана повторная фотосъемка этих участков. Поиск точки снимка Н.А. Кулика из-за наличия четких ландшафтных ориентиров был несложным. Для проведения повторной съемки участка С.В. Керцелли экспедиция прошла тем же путем, которым он шел от Адзвы к Медвежьему острову, по имеющейся карте [7], далее ориентирами были старая ворга (путь перегона оленьих стад) и участок, имеющий признаки традиционного использования оленеводами в качестве стойбища.

В лесных островках урочищ Пымвашор и Дэршор, а также в Медвежьем лесном острове выполнены геоботанические описания, измерения высоты, диаметра и возраста еловых деревьев по стандартным методикам, для оценки контуров лесных островов дешифрованы космические снимки спутника Landsat 7.

Результаты

В районе Пымвашора насаждения ели (*Picea obovata* Ledeb.) тянутся узкой лентой на всем протяжении лога и примыкающих к нему участков по береговым откосам ручья, формируя редкостойные или низкополнотные, относительно низкопродуктивные древостои. В левом борту лога и у его подножия разгружаются единственные на севере Европы термальные источники с температурой воды до 28 °С, которые оказывают существенное влияние на мезоклимат урочища и теплообеспеченность почв, что было подробно описано ранее [17]. Медвежий лесной остров расположен в 5 км южнее урочища Пымвашор и представляет собой довольно компактный еловый массив овальной формы размером 2,5×0,6 км, протянувшийся на пологом склоне вдоль долины р. Адзвы. Расстояние от реки около 2 км. Все произрастающие в лесных островах востока Большеземельской тундры ельники являются абсолютно

разновозрастными и типологически представлены различными вариациями ерниковых еловых сообществ. Ельники лесных островов еще не являются вполне сформировавшимися лесными фитоценозами и представляют собой редколесья и редины, т.е. стадии формирования лесной растительности на месте ерниковых и горных тундр. Оба лесных острова приурочены к гряде Чернышова, сложенной известняками нижнего карбона.

В 1909 г. Медвежий лесной остров представлял собой типичную лесотундровую редину с крайне низкорослым разреженным еловым древостоем (рис. 1). Автор старого фотоснимка (С.В. Керцелли) прокомментировал его следующим образом: «...в Медвежем острове – крайний к северу лесной остров по левому берегу Адзвы – усохших деревьев около 35...50 %, характер его заметен даже на фотографии» [7, с. 29]. За прошедший век произошло расширение границ лесного острова, резко возросли высота и густота древостоя, а также сомкнутость крон, что четко видно на фотоснимке 2010 г. Усохшие деревья сейчас здесь единичны, в густых куртинах под пологом старых елей уже сформировался напочвенный покров, напоминающий крайне северотаежные (притундровые) ельники.

В Пымвашорском логу 100 лет назад произрастало лишь небольшое число одиночных низкорослых елей и как таковой лесной остров здесь отсутствовал (рис. 2). В настоящее время вдоль бортов этой долины сформировались участки еловых редколесий и редины. Кроме того, обширное еловое редколесье произрастает на известняковом плато, обрыв которого формирует левый борт лога (край редколесья виден слева на снимке). В районе обоих лесных островов прослеживается также увеличение высоты кустарниковых пород (ивы, березы карликовая и извилистая). Особенно хорошо это видно при



а



б

Рис. 1. Изменения елового древостоя в Медвежем лесном острове за 100 лет: а – 1909 г. (фото С.В. Керцелли), б – 2010 г. (фото И.Н. Болотова)

сравнении снимков Медвежьего острова, где за прошедшее столетие на месте моховой тундры сформировались густые ерниковые заросли.

Средний возраст еловых древостоев урочищ Пымвашор и Ошдимыльк составляет 50...60 лет, максимальный возраст деревьев редко превышает 110...120 лет. Средняя высота ели – 7...8 м, средний диаметр на высоте груди – 8...10 см, эти показатели редко превышают 14...15 м и 21...23 см соответственно. Общая площадь ельников расширилась за счет заселения елью естественных укрытий. Увеличилась и плотность ее насаждений в сформировавшихся ранее лесных островках. Однако процессы естественного зарастания урочищ елью протекают довольно медленно из-за низкого качества продуцируемых семян [13–15]. При этом выявлено, что часть маленьких одиночных еловых островков в окружающих тундрах деградирует, некоторые из таких куртин полностью погибли и представлены усохшими елями.

Характерная особенность произрастания ели в тундре – плагиотропный тип роста. Формируются довольно густые куртины, которые, впоследствии изреживаясь, образуют небольшие островки леса. По-видимому, именно таким образом и происходит постепенное заселение тундры елью, имеющее, впрочем, вялотекущий характер и закономерно увязанное с уже существующими группами елей. На песчаниковых обнажениях ель часто принимает стланиковую форму, приподнимаясь от поверхности не более чем на 10...15 см.

Обсуждение результатов

Увеличение густоты древостоев в изолированных лесных островках на востоке Большеземельской тундры за последнее столетие согласуется с дан-



a



b

Рис. 2. Изменения елового древостоя в логу термального урочища Пымвашор за 100 лет: *a* – 1909 г. (фото Н.А. Кулика, архив РАН), *b* – 2010 г. (фото И.Н. Болотова)

ными для других регионов Северной Евразии. Методом повторных ландшафтных фотографий было выявлено, что на Полярном Урале в течение последних 45 лет происходило интенсивное расселение древесной и кустарниковой растительности в горные тундры, в результате чего произошло поднятие верхней границы леса и возросла степень облесенности территорий [20]. Значительно увеличились густота, сомкнутость и продуктивность древостоев. Эти явления связывают с воздействием потепления и увлажнения климата, начавшегося в начале XX в. и продолжающегося до настоящего времени. Сопоставление крупномасштабных геоботанических карт, иллюстрирующих распределение различных типов лесотундровых сообществ Полярного Урала в начале 1910-х и 2000-х гг., показало, что в течение последних 90 лет происходило интенсивное продвижение древесной растительности выше в горы [2].

С использованием подобного метода на Кольском полуострове в некоторых горных долинах выявлена смена тундровой растительности на лесотундровую за 1891–2007 и 1936–2007 гг., прослеживается и подъем верхней границы леса в горах [4]. Автор этой статьи сделал попытку сопоставить наблюдаемые изменения растительности с метеорологическими параметрами, однако значимых закономерностей не установлено. В горах Скандинавии в последние десятилетия на основе мониторинговых наблюдений было обнаружено резкое возрастание численности подроста сосны и его расселение в горную лесотундру, что четко увязано с изменениями климата [22, 23].

Динамику лиственничного лесного острова Ары-Мас в бассейне р. Хатанги (Сибирь) исследовали методом сопоставления разновременных космических снимков в 1965–2000 гг. [8–10] и установили, что за 45 лет произошло увеличение сомкнутости лиственничников и их продвижение в тундру со скоростью 3...10 м/год. Причиной таких изменений авторы считают возрастание температур воздуха и глубины оттаивания почвогрунтов в регионе, причем указано отрицательное влияние количества летних осадков. На Енисейском кряже была выявлена интенсивная экспансия вечнозеленых хвойных деревьев (кедр, пихта, ель) в зону доминирования лиственницы, причем подрост этих пород сформировался преимущественно в последние 20...30 лет, что коррелирует с трендами летних температур и осадков [10]. В горах Западного Саяна за последние 30 лет наблюдается продвижение подроста кедра в зону горной тундры, возрастание апикального и радиального приростов, а также сомкнутости древостоев, трансформация стланиковой формы кедра в стволовую [5]. Указанные изменения коррелируют с летними температурами, майско-июньскими и средними годовыми осадками, при этом повышение температуры на 1 °С способствует продвижению подроста кедра на 150 м по градиенту высоты.

Таким образом, приведенный краткий обзор данных показывает, что расширение лесной растительности в зонах ее экотона с тундрой за последние 100 лет имеет панконтинентальный характер. Это явление наблюдается как в горах, так на равнинах Северной Евразии. Сопоставление фотографий начала XX в. с современными показывает, что на многих ныне облесенных участках

ранее преобладали тундровые экосистемы. Причиной обширного развития тундровой растительности в недавнем прошлом был малый ледниковый период – глобальное похолодание климата (XV-XIV вв. – середина XIX в.) [1, 18]. С конца XIX в. началось современное потепление климата, которое идет нелинейно [21]. Максимальные температуры воздуха отмечены в 1930–50-е гг. и с 1990-х гг. до настоящего времени, а минимумы – в 1960–70-е гг. [18]. Помимо смещения границ лесной растительности, изменение климата приводит к быстрой деградации зоны многолетнемерзлых пород [19, 21].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзенкова И.И. Изменение климата в кайнозойе. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 247 с.
3. Виноградова В.М. Флора района теплых источников Пымвашор в Большеземельской тундре // Вестн. Ленингр. ун-та. 1962. Сер.: Биол. Вып. 2, № 9. С. 22–34.
4. Демин В.И. Проблема получения длинных температурных рядов для задач климатологии // VII Всеросс. совещание по изучению четвертичного периода. Апатиты, 2001. С. 160–163.
6. Канев В.В. Почвы лесных островков бассейна р. Море-Ю (Большеземельская тундра) // Почвоведение. 2003. № 10. С. 1177–1188.
7. Керцелли С.В. По Большеземельской тундре с кочевниками. Архангельск: Губернская типография, 1911. 116 с.
12. Русанова Г.В. Почвообразование на северном пределе распространения леса в европейской части России // Лесоведение. 2011. № 1. С. 61–68.
11. Русанова Г.В., Денева С.В. Почвы реликтовых островков ели на северо-западе Большеземельской тундры // Лесоведение. 2006. № 2. С. 21–25.
16. Уникальный лесной остров в Большеземельской тундре / Б.А. Семенов [и др.] // Социально-экологические проблемы Европейского Севера: сб. ст. Архангельск: ИЭПС УрО АН СССР, 1991. С. 209–218.
13. Сурсо М.В., Барзут О.С. Особенности роста и развития хвойных в Большеземельской тундре. Ель в урочище Пымвашор // Лесн. вестн. 2010. № 5. С. 42–48.
14. Сурсо М.В., Барзут О.С. Особенности роста и развития хвойных в Большеземельской тундре. Можжевельник в урочище Пымвашор // Лесн. вестн. 2010. № 6. С. 18–21.
15. Толмачев А.И., Токаревских С.А. Исследование района «лесного острова» у р. Море-Ю в Большеземельской тундре // Ботан. журн. 1968. Т. 53, № 4. С. 560–566.
17. Функционирование субарктической гидротермальной экосистемы в зимний период / Под ред. К.Г. Боголицына, И.Н. Болотова. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2011. 252 с.
5. Древесная растительность экотона лесотундры Западного Саяна и климатические тренды / В.И. Харук, М.Л. Двинская, С.Т. Им, К.Д. Рэнсон // Экология. 2008. № 1. С. 10–15.
10. Проникновение вечнозеленых хвойных деревьев в зону доминирования лиственницы и климатические тренды / В.И. Харук, М.Л. Двинская, К.Д. Рэнсон, С.Т. Им // Экология. 2005. № 3. С. 186–192.
8. Космоснимки высокого разрешения в анализе временной динамики экотона лесотундры / В.И. Харук, С.Т. Им, К.Д. Рэнсон, Г. Сан // Исследования Земли из космоса. 2005. № 6. С. 46–55.

9. Лиственничники лесотундры и климатические тренды / В.И. Харук, К.Д. Рэнсон, С.Т. Им, М.М. Наурзбаев // Экология. 2006. № 5. С. 323–331.

18. Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н. Пространственно-временная неоднородность таежного биома в области плейстоценовых материковых оледенений. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2008. 263 с.

19. Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н., Игловский С.А. Изменения климата и их влияние на окружающую природную среду Европейского Севера России // Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. VI. Изменения климата: влияние внеземных и земных факторов. М.: ИФА РАН, 2008. С. 80–98.

20. Шиятов С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 216 с.

2. Вертикальный и горизонтальный сдвиги верхней границы редколесий и сомкнутых лесов в XX столетии на Полярном Урале / С.Г. Шиятов, М.М. Терентьев, В.В. Фомин, Н.Е. Циммерман // Экология. 2007. № 4. С. 243–248.

22. Kullman L. Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes // J. of Ecology. 2002. Vol. 90. P. 68–77.

23. Kullman L. Tree line population monitoring of *Pinus sylvestris* in the Swedish Scandes, 1973–2005: implications for tree line theory and climate change ecology // J. of Ecology. 2007. Vol. 95. P. 41–52.

24. Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V. Relict spruce forest "islands" in the Bolshezemelskaya tundra – control sites for long-term climatic monitoring // Chemosphere: Global Change Science. 1999. N 1. P. 389–402.

21. Climate variation and dynamic ecosystems of the Archangelsk region / Y. Shvartsman, V. Barzut, S. Vidyakina, S. Iglovsky // Chemosphere: Global Change Science. 1999. N 1. P. 417–428.

Поступила 25.05.10

I.N. Bolotov¹, M.V. Surso¹, B.Yu. Filippov², M.Yu. Gofarov¹, A.M. Tarakanov³

¹Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of RAS

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

³Federal State Institution "The Northern Research Institute of Forestry"

Changes in Tree Stands on Isolated Forest Islands in the East of Bolshezemelskaya Tundra for the Last 100 Years in a Changing Climate

Changes in spruce stands on Medvezhy (Oshdimylk) and Pymvashor forest islands in the east of Bolshezemelskaya tundra (Adzva River basin) have been studied by means of repeated landscape photographs method (pictures dated 1909 and 2010). Last century saw an expansion of forest islands, rapid increase in density and height of stands as well as formation of closed forest communities and sparse forests in place of open tree stands. Similar processes have been identified in a number of mountain and tundra regions of Northern Eurasia, which is related to the present climate warming.

Key words: island forest, spruce, Bolshezemelskaya tundra, landscape photographs method
