

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

**БИОТА ПРИУРАЛЬСКОЙ
СУБАРКТИКИ В ПОЗДНЕМ
ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ



Издательство «Екатеринбург»

1999

ББК 28.088л64
Б63
УДК 574.42:551.89

Б 63 Биота Приуральской Субарктики в позднем плейстоцене и голоцене: Сб. научных трудов. Екатеринбург: Издательство «Екатеринбург», 1999. — 80 с.

ISBN 5-88464-007-2

Приведены новые данные по истории современной растительности и животного мира Большеземельской тундры, Полярного Урала и Ямала в позднем плейстоцене и голоцене. Основой работы послужили материалы, собранные при раскопках карстовых полостей, скоплений ископаемой древесины в долинах рек. Обобщение палеокарпологических, палеозоотомологических, палинологических, палеотериологических и дендрохронологических данных позволило наиболее детально реконструировать изменения биоты и климата в голоцене.

Сборник представляет интерес для биологов, географов, археологов и всех, кто интересуется прошлыми этапами развития природы Северной Евразии в позднем кайнозое.

Б 21001-1740-001 Без объявл.
И84(03)-99

ББК 28.088л64

Составитель *Н.Г. Смирнов*
Ответственный редактор *И.Б. Головачев*
Технический редактор *Н.Б. Гощицкий*

ISBN 5-88464-007-2

© ИЭРиЖ УрО РАН, 1999
© Оформление. «Издательство
«Екатеринбург», 1999

РАДИОУГЛЕРОДНЫЕ И ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАТИРОВКИ ПОЛУИСКАПАЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ЯМАЛЕ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

Р.М.ХАНТЕМИРОВ, С.Г.ШИЯТОВ

Аннотация. На основе использования 53 радиоуглеродных датировок полуископаемой древесины лиственницы и ели, собранной в аллювиальных и торфяных отложениях Южного Ямала, для последних 9500 лет выделено три длительных этапа эпохи голоцена, различных по степени облесенности территории и положению северной границы распространения древесной растительности. Наибольшая степень облесенности территории и наиболее северное продвижение древесной растительности наблюдалось в течение первого, самого древнего, этапа голоцена, а самая низкая степень облесенности и наиболее южное положение полярной границы редколесий — в течение последних 3800 лет. Анализ свыше 300 абсолютных дендрохронологических датировок полуископаемых остатков деревьев позволил с большей степенью детальности реконструировать динамику полярной границы редколесий за последние 3200 лет. Показано, что в течение этого отрезка времени диапазон широтных смещений границы редколесий был незначительным и не превышал 5-10 км. Это связано с отсутствием сильных и длительных изменений температуры летних месяцев и произрастанием редколесий в самых благоприятных микроклиматических и почвенно-грунтовых условиях (на свежих аллювиальных отложениях вдоль берегов рек).

Введение

В голоценовых отложениях Южного Ямала, особенно в аллювиальных, торфяных и озерных, содержится большое количество полуископаемой древесины в виде остатков стволов, корней и ветвей. Первое упоминание о наличии остатков деревьев в современной тундровой зоне Ямала содержится в работе Б.М.Житкова (1913). В окрестностях оз.Ярато-2 он обнаружил остатки нескольких древесных стволов, которые торчали из-под основания размываемого торфяника. Позднее полуископаемая древесина была

обнаружена в других тундровых районах Западной Сибири (Сукачев, 1922; Городков, 1928; Зубков, 1931; Андреев и др., 1935; Тихомиров, 1941; Кац, Кац, 1946; Сакс, 1953; Стрелков, 1965; Васильчук и др., 1983; Кременецкий и др., 1996). Эти находки свидетельствуют о том, что в послеледниковое время на севере Западной Сибири был теплый период, когда древесная растительность произрастала на 200-400 км севернее, чем в настоящее время. На Ямале северная граница распространения хвойных деревьев, по видимому, достигала 71°30' с.ш.

Слабым звеном при проведении палеогеографических и палеоэкологических реконструкций с использованием данных по полуископаемым остаткам деревьев является наличие небольшого количества абсолютных датировок древесины. Наиболее полный список радиоуглеродных определений возраста полуископаемой древесины, ранее выполненных для Ямала, приведен в работе Ю.К.Васильчука с соавторами (1983). Он включает 15 радиоуглеродных датировок остатков деревьев и крупных кустарников. В последнее время количество таких датировок значительно выросло (Шиятов, Ерохин, 1990; Shiyatov *et al.*, 1996). По нашим подсчетам, к настоящему времени общее количество радиоуглеродных датировок полуископаемой древесины для территории Ямала составляет около 70 шт.

Учитывая дороговизну и трудоемкость проведения радиоуглеродного анализа, вряд ли можно рассчитывать на то, что в ближайшем будущем количество таких датировок существенно увеличится. Это сужает возможности проведения детальных реконструкций природных условий и динамики лесотундровых экосистем.

В связи с наличием в голоценовых отложениях Южного Ямала большого количества полуископаемых остатков деревьев, лаборатория дендрохронологии ИЭРиЖ в течение последних 15 лет проводит интенсивные сборы таких остатков с целью построения длительных древесно-кольцевых хронологий по лиственнице сибирской (*Larix sibirica* Ldb.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ldb.). Эти хронологии, обладающие высокой разрешающей способностью (сезон, год), непрерывностью и точной привязкой к календарной шкале, дадут возможность реконструировать климатические условия и динамику лесотундровых экосистем за последние 9,5 тыс. лет (Шиятов, Сурков, 1990; Shiyatov *et al.*, 1996). К настоящему времени длительность абсолютной хронологии по лиственнице составляет 7000 лет (с 5000 г. до н.э. по 1996 г. н.э.), а по ели — 1270 лет (с 724 по 1993 гг. н.э.). Для более ранних интервалов времени получено четыре «плавающие» хронологии по лиственнице (примерно 6200-6060, 6490-6420, 7000-6560 и 7300-7100 гг. до

н.э.), которые привязаны к календарной шкале при помощи радиоуглеродных датировок. В будущем планируется соединить эти «плавающие» хронологии в непрерывную хронологию длительностью не менее 9500 лет. По-видимому, древесно-кольцевая хронология по ели будет не такой длительной и к тому же прерывистой, учитывая относительно редкую встречаемость полуископаемой древесины этого вида на Ямале.

Одним из важнейших практических результатов построения сверхдлительных хронологий является возможность проведения массовых абсолютных датировок остатков полуископаемой древесины голоценового возраста. Следует подчеркнуть, что в отличие от радиоуглеродного метода, дендрохронологический метод, основанный на использовании неповторимого во времени рисунка изменчивости ширины годовичных колец, позволяет датировать лишь местную древесину, произрастающую в пределах однородного по климатическим изменениям района. Анализ изменений прироста у хвойных (различных видов лиственницы, ели сибирской, сосны обыкновенной), произрастающих в пределах Урало-Сибирской Субарктики, показал, что он зависит в основном от изменений теплообеспеченности летних месяцев, и что синхронные колебания радиального прироста наблюдаются на больших территориях, на расстоянии до 600-800 км (Ваганов и др., 1996). Так, в пределах всей территории западносибирской лесотундры (от Полярного Урала на западе до бассейна реки Таз на востоке) погодичные изменения радиального прироста деревьев синхронны, что дает возможность производить перекрестную датировку между хронологиями, полученными для любого участка этой территории.

Таким образом, при помощи многотысячелетних древесно-кольцевых хронологий, полученных для Ямала, в частности при помощи хронологии по лиственнице, которая является более длительной и лучше обеспеченной образцами древесины по сравнению с хронологией по ели, можно производить абсолютную датировку остатков полуископаемой древесины, найденной в пределах современной тундры, лесотундры и северной части северной тайги Западной Сибири. При этом перекрестная датировка возможна как между хронологиями, полученными для разных видов хвойных деревьев (лиственницы сибирской, ели сибирской, сосны обыкновенной и кедра сибирского), так и между хронологиями по хвойным видам и хронологиями, полученными для лиственных деревьев и крупных кустарников (березы извилистая и карликовая, различные виды ив, ольховник, рябина сибирская, можжевельник сибирский). Это обусловлено тем, что в условиях Крайнего Севера годичный прирост у различных видов деревьев и кустарников лимитирован

одним и тем же климатическим фактором (температура летних месяцев, в основном июня и июля) (Шиятов, Хантемиров, 1999).

В этой статье дан анализ существующих на сегодняшний день для Ямала радиоуглеродных и дендрохронологических датировок полуископаемой древесины, произведена оценка точности радиоуглеродных датировок и показана возможность использования массовых дендрохронологических датировок для реконструкции динамики полярной границы распространения древесной растительности и облесенности территории.

Район и объекты исследований

Образцы древесины собирались в долинах и междуречьях небольших южноямальных рек: Танловаяха, Хадытаяха, Ядаяходьяха, Нгодилава и Порсыяха (между 67°00' — 67°50' с.ш. и 68°30' — 71°06' в.д.). Все они текут с севера на юг, поэтому занос плавника из более южных районов полностью исключен. Для радиоуглеродного анализа были отобраны образцы древесины, собранные в долинах трех рек: Танловаяха, Хадытаяха и Ядаяходьяха (между 67°07' — 67°48' с.ш. и 69°42' — 70°53' в.д.). В настоящее время верховья этих рек безлесны, а лиственничные и елово-березово-лиственничные редколесья приурочены в основном к днищу долин в их среднем и нижнем течении. Коллекция спилов древесины со стволов и частично с корней полуископаемых лиственниц и елей в настоящее время составляет свыше 2100 шт. Наибольшее количество полуископаемой древесины собрано в аллювиальных отложениях верхнего и среднего течения этих рек. Достаточно много образцов собрано из-под оснований реликтовых торфяников, расположенных в верховьях этих рек.

Радиоуглеродные и дендрохронологические датировки древесины

В табл.1 приведены результаты 55 радиоуглеродных датировок для 53 остатков полуископаемых деревьев. Радиоуглеродный анализ и калибровка полученных данных были выполнены в лаборатории популяционной и исторической экологии Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург (11 датировок) и в радиоуглеродной лаборатории Физического института Бернского университета, Швейцария (44 датировки). Большинство датировок (51 шт.) сделаны по древесине лиственницы сибирской и лишь 2 датировки — по древесине ели сибирской. Для двух остатков лиственницы (№№ 2 и 5) были сделаны повторные датировки в обеих лабораториях. Как правило, для радиоуглеродного анализа

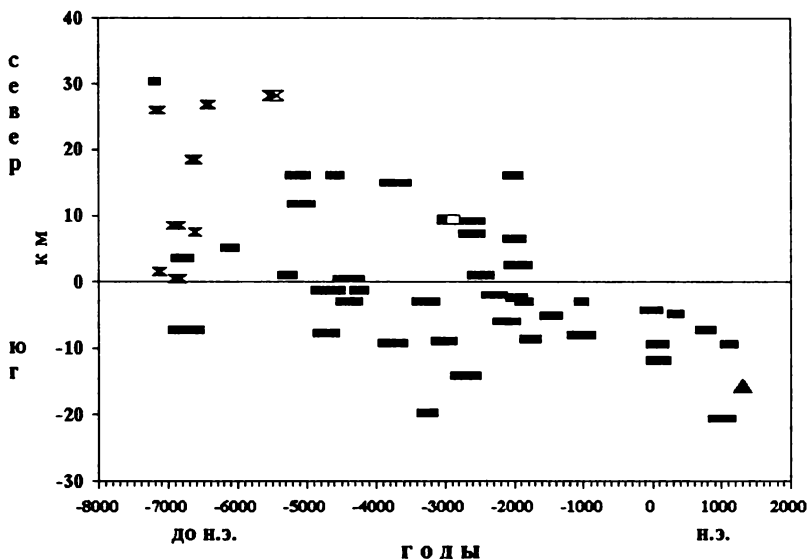


Рис. 1. Интервалы жизни деревьев, датированных радиоуглеродным методом, и их расположение относительно современного предела распространения лиственницы сибирской в речных долинах

Дерево: из аллювиальных отложений (—), торфяных отложений (✕), на поверхности (▲); одноцветные значки — лиственница сибирская, двухцветные — ель сибирская

отбирались образцы древесины, содержащие небольшое число годовичных слоев прироста (5-30 шт.), чтобы уменьшить ошибку датировки, связанную с использованием разновозрастной древесины.

На рис. 1 представлены результаты радиоуглеродных датировок древесины в виде временных интервалов, равных продолжительности жизни того или другого дерева. Расположение деревьев показано как во времени, так и в пространстве. По оси ординат указано расстояние (км) вдоль широтно-ориентированных долин рек (положительные значения — на север, отрицательные значения — на юг) от самых северных ныне живущих куртин деревьев на каждой из рек.

К настоящему времени при помощи 7000-летней древесно-кольцевой хронологии по лиственнице абсолютно продатировано свыше 600 полуископаемых остатков лиственницы и ели. В ближай-

Таблица 1.

Радиоуглеродные определения возраста древесины полуископаемых остатков *Picea obovata* (№№ 12 и 28) и *Larix sibirica* (все остальные), собранных на юге Ямала

№№ образ-ца	Лаборатор-ный номер	Часть дерева	Тип отложений
1	В-6072	ствол, внешние кольца	аллювиальные
2	В-6031 ИЭРЖ-77	корень, все кольца корень, все кольца	торфяные
3	ИЭРЖ-79	корень	торфяные
4	ИЭРЖ-78	корень	торфяные
5	В-6032 ИЭРЖ-80	ствол, внутренние кольца ствол, все кольца	торфяные
6	В-6060	ствол, внешние кольца	аллювиальные
7	ИЭРЖ-74	корень	торфяные
8	ИЭРЖ-73	корень	торфяные
9	В-6038	ствол, внешние кольца	аллювиальные
10	ИЭРЖ-76	корень	торфяные
11	В-6077	ствол, внешние кольца	аллювиальные
12	ИЭРЖ-75	ствол	торфяные
13	В-6411	ствол, внешние кольца	аллювиальные
14	В-6074	ствол, внутренние кольца	аллювиальные
15	В-6416	ствол, внешние кольца	аллювиальные
16	В-6039	ствол, внешние кольца	аллювиальные
17	В-6062	ствол, внешние кольца	аллювиальные
18	В-6073	ствол, внешние кольца	аллювиальные
19	В-6410	ствол, внутренние кольца	аллювиальные
20	В-6409	ствол, внешние кольца	аллювиальные
21	В-6413	ствол, внешние кольца	аллювиальные
22	В-6412	ствол, внешние кольца	аллювиальные
23	В-6042	ствол, внутренние кольца	аллювиальные
24	В-6417	ствол, внешние кольца	аллювиальные
25	В-6035	ствол, внутренние кольца	аллювиальные
26	В-6070	ствол, внешние кольца	аллювиальные
27	В-6069	ствол, внешние кольца	аллювиальные
28	В-6059	ствол, внешние кольца	аллювиальные

Общее кол-во колец на спиле	С-14 дата, лет назад	Откалиброванная дата, гг. до н.э.	Географические координаты	
			с.ш.	в.д.
28	8220±40	7200	67°48'	70°19'
79	8180±40 8400±240	7140 7400	67°42'	70°14'
59	8180±230	7130	67°31'	70°10'
127	8000±200	6900	67°35'	70°22'
111	8000±50 7730±220	6900 6500	67°31'	70°07'
189	7920±40	6730	67°37'	70°35'
75	7820±200	6640	67°38'	70°16'
48	7800±170	6620	67°33'	70°18'
382	7780±40	6590	67°32'	70°40'
64	7640±220	6430	67°41'	70°14'
124	7260±40	6080	67°41'	69°56'
118	6550±170	5400	67°43'	70°17'
149	6252±30	5223	67°35'	70°36'
254	6200±40	5150	67°44'	70°03'
217	6140±33	5059	67°46'	70°04'
243	5740±40	4620	67°31'	70°39'
354	5730±40	4550	67°34'	70°38'
127	5723±34	4542	67°45'	70°04'
317	5717±32	4539	67°35'	70°36'
169	5535±29	4356	67°07'	69°55'
239	5404±32	4290	67°33'	70°38'
134	5329±29	4190	67°33'	70°41'
301	5030±30	3860	67°30'	70°42'
317	4746±31	3580	67°45'	70°04'
243	4590±40	3330	67°33'	70°38'
145	4520±40	3200	67°25'	70°48'
216	4370±40	2920	67°31'	70°41'
133	4290±40	2900	67°40'	70°33'

(продолжение таблицы 1)

№№ образ-ца	Лаборатор-ный номер	Часть дерева	Тип отложений
29	В-6408	ствол, внешние кольца	аллювиальные
30	В-6044	ствол, внутренние кольца	аллювиальные
31	В-6075	ствол, внутренние кольца	аллювиальные
32	В-6034	ствол, внешние кольца	аллювиальные
33	В-6061	ствол, внешние кольца	аллювиальные
34	В-6063	ствол, внешние кольца	аллювиальные
35	ИЭРЖ-157	ствол	аллювиальные
36	В-6037	ствол, внешние кольца	аллювиальные
37	ИЭРЖ-154	ствол	аллювиальные
38	В-6033	корень, внешние кольца	аллювиальные
39	В-6076	ствол, внешние кольца	аллювиальные
40	ИЭРЖ-156	ствол	аллювиальные
41	В-6036	ствол, внешние кольца	аллювиальные
42	В-6067	ствол, внешние кольца	аллювиальные
43	В-6415	ствол, внешние кольца	аллювиальные
44	В-6064	ствол, внешние кольца	аллювиальные
45	В-6040	ствол, внешние кольца	аллювиальные
46	В-6041	ствол, внутренние кольца	аллювиальные
47	В-6065	ствол, внешние кольца	аллювиальные
48	В-6043	ствол, внутренние кольца	аллювиальные
49	В-6414	ствол, внешние кольца	аллювиальные
50	В-6066	ствол, внешние кольца	аллювиальные
51	В-6071	ствол, внешние кольца	аллювиальные
52	В-6068	ствол, внешние кольца	аллювиальные
53	В-6078	ствол, внешние кольца	на поверхности

шем будущем количество таких датировок увеличится в 2-3 раза, и они станут возможными для более ранних интервалов времени (за последние 9500 лет). Так как у большинства образцов древесины сохранился подкоревой слой прироста, то время отмирания деревьев определяется с точностью до года и даже сезона. Время появления деревьев также может быть определено с высокой степенью точности (до 10-15 лет), если спил взят в основании ствола. Такие данные, в сочетании с данными о местонахождении деревьев,

Общее кол-во колец на спиле	С-14 дата, лет назад	Откалиброванная дата, гг. до н.э.	Географические координаты	
			с.ш.	в.д.
138	4242±27	2882	-	-
296	4210±40	2800	67°29'	70°46'
234	4120±40	2700	67°43'	69°56'
350	3970±30	2510	67°40'	70°34'
243	3890±40	2370	67°35'	70°36'
226	3800±30	2200	67°34'	70°37'
127	3630±190	2020	67°33'	70°04'
243	3620±40	2010	67°32'	70°41'
169	3600±150	1970	67°30'	70°01'
148	3590±30	1960	67°43'	70°32'
185	3580±30	1920	67°42'	69°57'
129	3540±280	1870	67°33'	70°04'
127	3530±30	1860	67°33'	70°38'
151	3390±30	1680	67°31'	70°39'
178	3083±26	1350	67°33'	70°40'
59	2850±40	1000	67°33'	70°38'
269	2750±30	900	67°31'	70°39'
161	2010±30	30 BC	67°30'	70°39'
176	1960±30	65 AD	67°33'	70°40'
207	1910±30	90 AD	67°29'	70°43'
102	1675±24	401 AD	67°33'	70°40'
143	1230±30	790 AD	67°32'	70°40'
244	920±30	1100 AD	67°25'	70°50'
109	890±30	1170 AD	67°30'	70°40'
25	680±22	1298 AD	67°33'	69°41'

позволяют реконструировать интенсивность возобновления и отмирания деревьев, относительное обилие разных категорий деревьев в различные интервалы времени, диапазон смещений полярной границы распространения отдельных видов деревьев и редколесий. Такая информация важна для реконструкции различных параметров условий среды (климатических, гидрологических, почвенно-грунтовых и др.), выявления причинно-следственных связей между структурой лесотундровых редколесий и факторами внешней среды.

Точность радиоуглеродных датировок

Поскольку дендрохронологическим методом годовые слои прироста древесины датируются с точностью в один год, то мы имеем благоприятную возможность проверить точность радиоуглеродных датировок, выполненных для условий Крайнего Севера, где древесина консервируется в многолетнемерзлых грунтах. В табл.2 приведено сравнение радиоуглеродных и дендрохронологических датировок для 13 полуископаемых деревьев лиственницы. В таблице указан средневзвешенный (по массе древесины) год, на самом деле для анализа отбирались образцы, содержащие 5-30 колец.

Как видно из таблицы, ошибка откалиброванных радиоуглеродных датировок для последних 4 тысяч лет не превысила 60 лет, а в двух случаях даже оказалась практически абсолютно точной, что свидетельствует о высокой надежности таких датировок. Сравнение датировок полуископаемой древесины, полученных этими методами, позволяет сделать заключение о том, что лучше использовать откалиброванные, а не первичные радиоуглеродные даты. При помощи этих дат привязка «плавающих» древесно-кольцевых хронологий к календарной шкале производится с довольно высокой точностью, что намного облегчает как относительную, так и абсолютную датировку индивидуальных и обобщенных хронологий.

Использование радиоуглеродных и дендрохронологических датировок древесины для палеоботанических реконструкций

Определение времени появления древесной растительности на Ямале

Из данных, приведенных в табл.1 и на рис.1, видно, что лиственница появилась на Южном Ямале не позднее, чем 9400 лет назад, а ель не позднее, чем 7400 лет назад. С тех пор оба эти вида постоянно здесь произрастали, переживая холодные периоды в наиболее благоприятных микроклиматических и почвенно-грунтовых условиях (рефугиумах), какими, в частности, являются участки речных долин, сложенных молодым аллювием. Действительно, долинские местообитания наиболее защищены от сильных ветров и в то же время покрываются достаточно мощным (1-2 м) снежным покровом. Это, в сочетании с обогревающим влиянием текущих вод и слабым развитием мохово-лишайникового покрова, приводит к тому, что в летнее время термический режим почвогрунтов в долинных местообитаниях, особенно в пойменных, благоприятен для произрастания древесной растительности.

Таблица 2.

Радиоуглеродные и фактические даты формирования годичных колец полуйскопаемых деревьев лиственницы сибирской. BC — до н.э., AD — н.э.

NN образца	Лабораторный номер	Радиоуглеродные даты		Фактическая дата	Точность C-14 датировки
		C-14 возраст, лет назад	Откалиброванный возраст		
41	B-6036	3530±30	1860 BC	1800 BC	-60
42	B-6067	3390±30	1680 BC	1690 BC	10
43	B-6415	3083±26	1350 BC	1410 BC	60
44	B-6064	2850±40	1000 BC	1000 BC	0
45	B-6040	2750±30	900 BC	890 BC	-10
46	B-6041	2010±30	30 BC	25 AD	-55
47	B-6065	1960±30	65 AD	70 AD	-5
48	B-6043	1910±30	90 AD	60 AD	30
49	B-6414	1675±24	400 AD	380 AD	20
50	B-6066	1230±30	790 AD	835 AD	-45
51	B-6071	920±30	1100 AD	1130 AD	-30
52	B-6068	890±30	1170 AD	1160 AD	10
53	B-6078	680±22	1298 AD	1300 AD	-2

Наиболее древняя собранная нами полуископаемая древесина имеет возраст 9400 лет. Радиоуглеродные датировки, полученные другими авторами, свидетельствуют о том, что древесная растительность появилась на Ямале не позднее, чем 10500 лет назад (Васильчук и др., 1983). Имеются указания на существование деревьев на среднем Ямале 12-15 тысяч лет назад (Трофимова, Корона, 1996). Наибольшее количество самой древней древесины (7400 — 5400 гг. до н.э.) извлечено нами из-под оснований реликтовых торфяников, которые формировались на наиболее возвышенных элементах рельефа (40-60 м над уровнем моря).

Отсутствие радиоуглеродных дат в интервалах времени между 6400-5400 и 900-100 гг. до н.э. можно объяснить относительной редкостью полуископаемой древесины этого возраста и недостаточным количеством радиоуглеродных датировок, а не отсутствием такой древесины на Южном Ямале. Об этом, в частности, свидетельствуют обнаруженные и датированные нами при помощи дендрохронологического метода остатки деревьев, живших в течение всего I-го тысячелетия до н.э., которое было одним из самых неблагоприятных для произрастания древесных растений периодов голоцена.

Во все периоды голоцена лиственница преобладала в составе лесов и редколесий, особенно на плакорных местообитаниях, а полярная граница ее распространения, по-видимому, проходила

севернее по сравнению с елью. Об этом свидетельствует соотношение собранных нами образцов лиственницы и ели (95 и 5% соответственно), несмотря на то, что полуископаемая древесина собиралась в основном в аллювиальных отложениях, т.е. на местообитаниях, приуроченных к долинам рек, которые наиболее благоприятны для произрастания ели. В настоящее время сравнительно небольшие участки сомкнутых лесов и редколесий с преобладанием ели встречаются лишь в среднем течении р.Хадыта-яха. В долинах других рек Южного Ямала она встречается в виде небольшой примеси. Современная северная граница распространения лиственницы находится повсюду на 30-50 км севернее границы распространения ели. В более ранние периоды голоцена расстояние между этими границами могло быть другим.

Динамика северной границы распространения хвойных видов деревьев

Рис.2 представляет собой небольшую модификацию рис.1, на котором более четко видны долговременные тренды смещений северной границы распространения лиственницы и ели.

Из этого рисунка видно, что дальше всего на север древесная растительность продвигалась в начале голоцена (9500 — 7400 лет назад). В это время она произрастала гораздо севернее рассматриваемых бассейнов рек, при этом много остатков деревьев было найдено вне речных долин, т.е. на плакорных местообитаниях, которые менее благоприятны для произрастания деревьев. По литературным данным (Васильчук и др., 1983), самые северные (400 км к северу от района наших исследований) и наиболее древние из датированных по радиоуглероду древесных остатков (около 7200 и 5450 гг. до н.э., откалиброванные даты) относятся к этому периоду. Есть все основания сделать заключение о том, что этот период голоцена был самым благоприятным для произрастания древесной растительности на Ямале.

Затем граница редколесий отступила к югу и в течение довольно длительного интервала времени (7400 — 3800 лет назад) она изменялась незначительно. Однако граница редколесий все равно располагалась на несколько десятков километров севернее по сравнению с ее современным положением. Наиболее северные из известных древесных остатков этого периода отмечены в верховьях р.Юрибей (примерно 68°20' с.ш.), в 50-70 км к северу от района наших исследований (Васильчук и др., 1983).

В начале II-го тысячелетия до н.э. произошел значительный сдвиг к югу полярной границы распространения хвойных видов, причем за сравнительно короткий промежуток времени. В течение

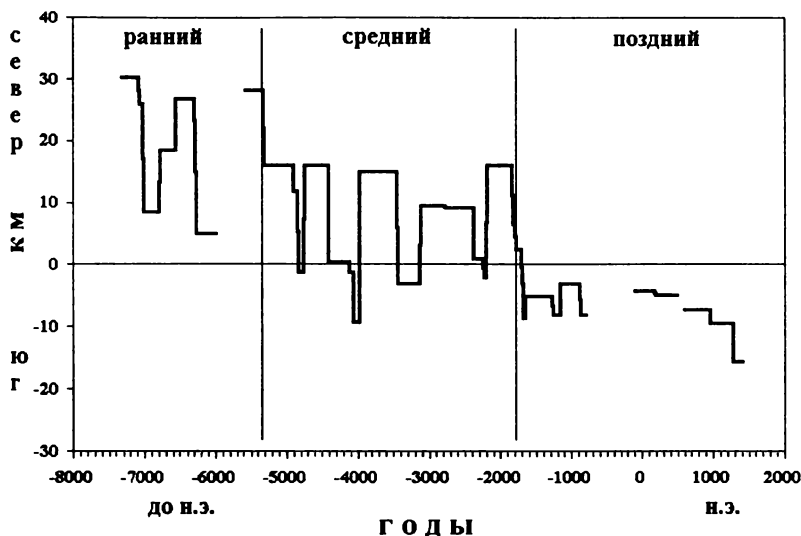


Рис.2. Оценка изменений положения северной границы распространения хвойных видов деревьев на Ямале и предлагаемая схема деления голоцена

последних 3800 лет на Ямале наблюдалась самая низкая облесенность территории и наиболее южное положение северной границы редколесий. Облесенными оставались в основном долины упоминавшихся выше небольших рек, текущих с севера на юг. Современная северная граница лесотундровых редколесий вне речных долин проходит на 50-100 км южнее черты, принятой на рисунке за 0.

Таким образом, имеющаяся в нашем распоряжении информация о местонахождении датированных по радиоуглероду остатков древесных растений на Ямале, характеризующая изменения широтного положения северной границы распространения лесотундровых редколесий, свидетельствует в пользу расчленения рассматриваемой части эпохи голоцена на три хронологических отрезка. Рассмотренные выше временные интервалы частично совпадают с такими хронологическими отрезками, как ранний и средний голоцен (по М.И.Нейштадту, 1957), длительность же позднего голоцена довольно существенно различается (по нашим данным, эта фаза началась на тысячу лет раньше).

Более детальная реконструкция динамики северного предела распространения лесотундровых редколесий произведена за пос-

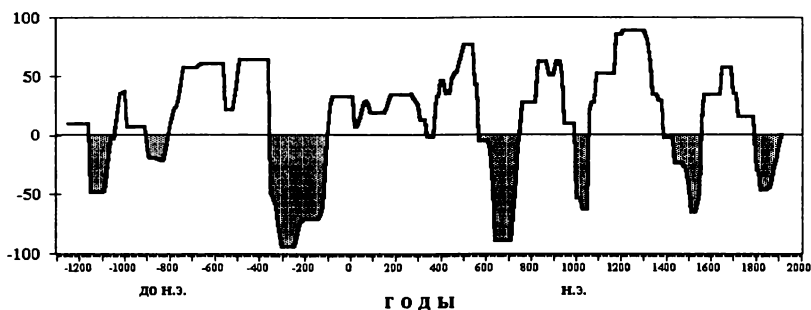


Рис.3. Перемещения северной границы распространения лиственничных редколесий на Ямале (в условных единицах)

ледние 3200 лет, т.е. за большую часть хронологического отрезка позднего голоцена (Хантемиров, Сурков, 1996). Реконструкция основана на использовании 300 абсолютных дендрохронологических датировок полуископаемых остатков лиственницы (рис.3).

Эти остатки были извлечены из аллювиальных отложений в долинах пяти вышеупомянутых рек Южного Ямала. Поэтому дальше речь пойдет лишь о широтных сдвигах северной границы лиственничных редколесий вдоль долин этих рек. Данные для каждой реки были представлены в виде стандартизированных отклонений от современной границы редколесий. На разных реках передвижения границы распространения лиственницы за этот период составили от 2 до 5 км к северу или югу от ее современного положения. Таким образом, диапазон широтного смещения этой границы за рассматриваемый отрезок времени оказался, вопреки нашему ожиданию, относительно небольшим и составил около 5-10 км. Это можно объяснить тем, что в этот период древесная растительность произрастала в основном в долинах рек (рефугиумах) и слабо реагировала на изменения климатических условий. Определенное значение имеет также то, что в благоприятные по климатическим условиям периоды тундровые участки, удаленные от семенных куртин деревьев более чем на 60-100 м, крайне слабо обеспечиваются доброкачественным семенным материалом, так как вылет семян из шишек лиственницы в условиях высоких широт происходит летом, когда распространение семян наиболее затруднено, особенно в северном направлении и выше в горы (Шиятов, 1966).

Из рис.3 видно, что в течение последних 3200 лет наиболее длительным периодом, когда граница редколесий отступила дальше всего на юг, является временной интервал с 350 до 110 гг. до

н.э. Видимо, это был самый неблагоприятный период. Об этом свидетельствует и низкий в среднем прирост деревьев, произраставших в это время (Хантемиров, 1999). Менее длительные периоды смещения границы лиственничных редколесий на юг наблюдались на рубеже XII-XI вв. до н.э., в течение VII и в начале VIII вв. н.э., в первой половине XI и XVI вв. н.э. и в XIX вв. н.э.

Периоды, когда граница произрастания лиственничных редколесий находилась существенно севернее нынешних рубежей, были в VIII-V вв. до н.э, V-VI, IX-X и XII-XIV вв. н.э. Одним из наиболее длительных и теплых был последний из перечисленных периодов, который получил название «эпоха средневекового потепления». Этот период был ранее выявлен и хорошо изучен на Полярном Урале (Shiyatov, 1993, 1995). В это время верхняя граница лиственничных редколесий поднималась на 60-80 м выше в горы, по сравнению с ее современным положением.

Периоды продвижения и отступления северной границы редколесий, выявленные на основе дендрохронологических датировок полуископаемых остатков деревьев, довольно хорошо совпадают с длительными периодами увеличения и снижения радиального прироста, несмотря на то, что сверхвековые климатически обусловленные колебания прироста трудно выявить в связи со сравнительно небольшой продолжительностью жизни отдельных деревьев в этом районе (до 300-450 лет). Это свидетельствует о том, что смещения северной границы распространения лиственничных редколесий обусловлены изменениями климатических условий, в частности, колебаниями теплообеспеченности летнего периода.

Возвращаясь к рис.1, можно отметить, что определенный палеогеографический интерес представляют также данные о южной границе распространения деревьев вдоль долин рассматриваемых рек. Эта информация может быть использована для датировки морских трансгрессий, во время которых долины рек в их нижнем течении затопливались, в результате чего захоронения древесных остатков здесь не происходило. Согласно имеющимся данным по радиоуглеродной датировке древесины голоценового возраста, подъем уровня моря и затопление устьев рек могли происходить с 8 по 4 тысячелетия и в течение двух последних тысячелетий до н.э. Такая реконструкция до некоторой степени согласуется с данными, приводимыми Ю.К.Васильчуком с соавторами (1983).

Динамика степени облесенности территории

Для суждения о благоприятности условий для произрастания древесной растительности и степени облесенности территории могут быть использованы данные об относительном обилии дати-

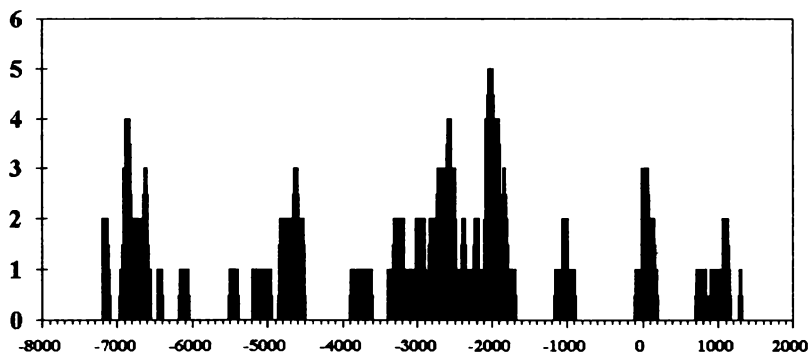


Рис.4. Распределение во времени количества деревьев (шт.), датированных радиоуглеродным методом

рованных радиоуглеродным методом остатков деревьев в тот или другой интервал времени (рис.4). Для этого анализа были использованы первые (по времени выполнения) 43 датировки, поскольку образцы полуископаемой древесины для них были отобраны случайным образом, а отбор остальных 10 образцов для радиоуглеродного датирования производился целенаправленно, для календарной привязки «плавающих» древесно-кольцевых хронологий, не попавших в интервалы времени, для которых уже имелись радиоуглеродные датировки.

При анализе рис.4 необходимо иметь в виду, что вероятность обнаружения деревьев из аллювиальных отложений со временем должна уменьшаться, поскольку чем древнее возраст древесных остатков, тем вероятнее, что они были переотложены, может быть, и неоднократно. При этом часть остатков, экспонированных боковой эрозией рек, могла разрушиться до начала очередного захоронения.

Как видно из рис.4, можно выделить «пик численности» деревьев, произраставших между 7200-6000 гг. до н.э. Этот временной интервал можно рассматривать как наиболее благоприятный для древесной растительности на Ямале, когда деревья произрастали не только в долинах рек, но и на плакорных местообитаниях. Это говорит о наиболее высокой степени облесенности рассматриваемой территории за последние 10 тысяч лет. Два других скопления радиоуглеродных дат, между 5500-4500 и 3900-1700 гг. до н.э., свидетельствуют о том, что это были наиболее благоприятные (особенно вторая) фазы для произрастания древесных растений в

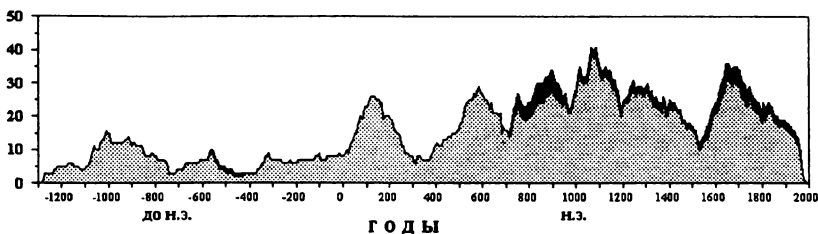


Рис.5. Распределение количества деревьев из аллювиальных отложений, датированных дендрохронологическим методом. Серым цветом обозначена лиственница, черным — ель

пределах среднего голоцена. Судя по данным, приведенным на рис.4, неблагоприятными для произрастания древесной растительности на Ямале были 6000-5500, 4500-3900, 1600-1200, 800-200 гг. до н.э. и 200-700 гг. н.э.

Более подробная картина изменения относительного обилия хвойных деревьев на Ямале получена для последних 3200 лет (Хантемиров, 1999); она основана на использовании 288 дендрохронологических датировок их остатков, собранных в аллювиальных отложениях (рис.5). На основе столь большого материала можно дать оценку не только относительного обилия деревьев, но и о соотношении разных видов, в данном случае лиственницы и ели, в течение того или другого периода.

Из рисунка видно, что по количеству найденных остатков поздний голоцен можно разделить на два этапа: до и после начала нашей эры. В течение первого (более древнего) этапа выделяется лишь один, относительно небольшой максимум, с 1100 по 750 гг. до н.э. Второй этап (последние два тысячелетия) можно охарактеризовать в целом как относительно благоприятный для произрастания древесной растительности, за исключением двух периодов, а именно: с 250 по 400 и с 1500 по 1600 гг. н.э.

Изменения численности деревьев, так же, как и смещения северной границы распространения деревьев, по всей видимости, обусловлены теплообеспеченностью летних месяцев (Хантемиров, 1999). Несовпадение динамики этих двух показателей связано, по нашему мнению, с тем, что в неблагоприятные периоды, когда численность деревьев сокращалась, небольшое их количество могло сохраняться в рефугиумах. И лишь значительные климатические сдвиги (как, например, во время эпохи «средневекового потепления» или «малого ледникового периода») приводили к фиксируемому смещению северной границы редколесий.

Заключение

Анализ существующих на сегодняшний день для Ямала радиоуглеродных и дендрохронологических датировок остатков полуископаемой древесины позволил выявить основные этапы развития древесной растительности на Ямале за последние 9500 лет, а также произвести более детальную реконструкцию динамики северной границы распространения лиственничных редколесий и относительного обилия деревьев за последние 3200 лет. Предложенная нами схема деления большей части голоцена на Ямале в целом не противоречит схемам других авторов, которые предложены для территорий разного масштаба (Нейштадт, 1957; Васильчук и др., 1983; Хотинский, 1977, 1991). Однако имеются некоторые существенные отличия и уточнения. Так, мы не выявили выделенное Н.А.Хотинским (1991) для лесной и тундровой зон северной Евразии раннесуббореальное похолодание 3350-2700 гг. до н.э.; напротив, этот период был, по нашему мнению, одним из наиболее благоприятных для древесной растительности на Ямале. Несколько уточнены даты начала поздне-суббореального похолодания (1500 г до н.э. по Н.А.Хотинскому и 1800 г. до н.э. по нашим данным), окончания среднеатлантического потепления (4900 и 4500 гг. до н.э. соответственно) и конца ранне-атлантического потепления (5700 и 6000 гг. до н.э.). По нашим данным, гораздо позже (1800 г. до н.э.) закончилась фаза «облесения» Ямала, которую Ю.К.Васильчук с соавторами (1983) относят к 8500-3700 гг. до н.э.

В дальнейшем, по мере увеличения числа дендрохронологических датировок (в ближайшие 1-2 года мы рассчитываем получить не менее 2000 таких датировок), удлинения временного интервала датировок до 9-10 тысяч лет и сбора образцов полуископаемой древесины в более северных районах, представится возможность произвести более детальную реконструкцию динамики лесотундровых редколесий и северного предела произрастания древесной растительности, а также климатических и гидрологических условий за весь период голоцена. При этом можно будет реконструировать более длительные (многовековые) изменения климата и в развитии лесотундровых экосистем, которые не поддаются реконструкции на основе использования показателей радиального годичного прироста деревьев. Одновременно мы намерены реконструировать значительно большее число параметров, характеризующих состав, структуру и пространственное распределение лесотундровых редколесий в голоцене. Важной задачей является изучение пространственно-временной динамики северной границы ареала не только лиственницы сибирской, но и таких видов, как ель сибирская и береза извилистая.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 96-04-50038 и 96-05-64129). Мы также выражаем благодарность Н.Г.Ерохину и сотрудникам радиоуглеродной лаборатории Физического института Бернского университета за определение радиоуглеродного возраста образцов полуископаемой древесины и калибровку полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреев В.Н., Игошина К.Н., Лесков А.И. Оленьи пастбища и растительный покров полярного Приуралья // Советское оленеводство. Вып. 5. 1935. С. 171-406.
- Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
- Васильчук Ю.К., Петрова Е.А., Серова А.К. Некоторые черты палеогеографии голоцена Ямала // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода, N 52. 1983. С.73-89.
- Городков Б.Н. Работы Гыданской экспедиции АН по пути к истокам р.Гыды // Докл. АН СССР. Серия А, № 7. 1928. С. 113-117.
- Житков Б.М. Полуостров Ямал. Записки Русского Географического общества по общей географии. Т. 49. 1913. 349 с.
- Зубков А.И. К вопросу об изменении климата на севере Сибири в послеледниковое время // Труды Полярной комиссии АН СССР. Вып. 5. 1931. С.31-36.
- Кац Н.Я., Кац С.В. История растительности болот севера как показатель изменений послеледникового ландшафта // Труды Ин-та геогр. АН СССР, 1946, вып. 37. М.-Л.
- Кременецкий К.В., МакДональд Г.М., Галабала Р.О., Лавров А.С., Чичагова О.А., Пустовойтов К.Е. Об изменении северной границы ареалов некоторых видов деревьев и кустарников в голоцене // Бот. журн., 1996. Т.81, № 4. С.10-25.
- Нейштадт М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 403 с.
- Сакс В.Н. Четвертичный период в Советской Арктике. Л.; М.: Мор. и реч. изд-во, 1953. 627 с. (Труды Науч.-исслед. ин-та геол. Арктики, 1953. Т.77.).
- Стрелков С.А. Север Сибири. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М.: Изд-во «Наука», 1965. 334 с.
- Сукачев В.Н. К вопросу об изменении климата и растительности на севере Сибири в послетретичное время // Метеорол. вестник. 1922. Т.32, N 1/4. С.25-43.
- Тихомиров Б.А. О лесной фазе в послеледниковой истории растительности севера Сибири и ее реликтах в современной тундре // Материалы по истории флоры и растительности СССР. М.-Л., 1941. Вып.1. С.315-374.
- Трофимова С.С., Корона О.М. Палеокарпологические данные о развитии растительности Среднего Ямала в позднем плейстоцене — раннем голоце-

- не // Проблемы общей и прикладной экологии (Материалы молодежной конференции). Екатеринбург, 1996. С.256-261.
- Хантемиров Р.М. Древесно-кольцевая реконструкция летних температур на севере Западной Сибири за последние 3248 лет // Сиб. экол. ж. 1999. Т.6, № 2 (в печати).
- Хантемиров Р.М., Сурков А.Ю. 3243-летняя древесно-кольцевая реконструкция климатических условий для севера Западной Сибири // Проблемы общей и прикладной экологии (Материалы молодежной конференции). Екатеринбург, 1996. С.266-278.
- Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М., Наука, 1977. 200 с.
- Хотинский Н.А. Антропогенные индикаторы в пыльцевых спектрах голоценовых отложений // Источники и методы исторических реконструкций изменений окружающей среды / Итоги науки и техники. Сер. Палеогеография. М.: ВИНТИ. 1991. Т.8. Гл.2. С.7-18.
- 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. Записки Свердловского отделения ВБО. 1966. Вып.4. С.109-113.
- Шиятов С.Г., Ерохин Н.Г. Радиоуглеродные датировки полуископаемой древесины на Ямале и возможности ее использования для построения сверхдлительного дендрохронологического ряда // Возможности методов измерения сверхмалых количеств изотопов. Л., 1990. С.155-162.
- Шиятов С.Г., Сурков А.Ю. Возможности и перспективы построения сверхдлительных дендрохронологических рядов для Приобского Севера // Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии. Тез. докл. V Всесоюзного совещания по вопросам дендрохронологии, 29-31 мая 1990 г. Свердловск, 1990. С.168-169.
- Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М. Дендрохронологическая датировка древесины кустарников из археологического поселения Ярте-6 на полуострове Ямал // Древности Ямала. Тобольск, 1999 (в печати).
- Shiyatov S.G. The upper timberline dynamics during the last 1100 years in the Polar Ural Mountains // Oscillations of the alpine and polar tree limits in the Holocene (ed. by Burkhard Frenzel. Co-ed. by Matti Eronen and Birgit Glaser). Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena, New York, 1993, pp. 195-203.
- Shiyatov S.G. Reconstruction of climate and the upper timberline dynamics since AD 745 by tree-ring data in the Polar Ural Mountains // International Conference on Past, Present and Future Climate (Proceedings of the SILMU conference held in Helsinki, Finland, 22-25 August 1995), Henkinheimo Pirkko (Ed.). Publication of the Academy of Finland, 6/95, Painatuskeskus, 1995, pp. 144-147.
- Shiyatov S.G., Hantemirov R.M., Schweingruber F.H., Briffa K.R. and Moell M. Potential long-chronology development on the Northwest Siberian Plain: Early results // Dendrochronologia, Vol.14, 1996, pp.13-29.