

# Новые данные по лихенометрии морен Полярного Урала

О.Н. Соломина, В.А. Жидков, М.Ю. Москалевский

Институт географии РАН, Москва

Рассматривается современное состояние ледников Полярного Урала и их позднеголоценовая история; предлагается новая гипотетическая кривая роста лишайников *Rhizocarpon geographicum* как основа для датирования морен и палеогляциологической реконструкции.

Оледенение Полярного Урала было объектом пристального внимания гляциологов в 1958 — 1981 гг., в период существования здесь стационара Института географии “Большая Хадата” [1, 7, 12 — 14]. Затем наблюдения прекратились, а чуть позже была закрыта и опорная для этого региона метеорологическая станция Большая Хадата. Несмотря на то, что размеры ледников здесь весьма скромные, гляциологические результаты, полученные в этом районе, имеют фундаментальное научное значение. Прерывание ряда наблюдений за поведением ледников и изменениями баланса их массы нанесло непоправимый ущерб глобальному мониторингу ледников. Периодические посещения этого района могут лишь частично его восполнить, хотя даже и такой вклад важен для понимания тенденций изменчивости ледников в этом районе Субарктики.

В июле 1999 г. нам удалось посетить несколько ледников Полярного Урала — Анучина, ИГАН, Обручева, Шумского, Авсюка, Берга, Олений, Станционный, Ковальского, Хабакова, МГУ. Основная задача нашего проекта состояла в изучении колебаний ледников Полярного Урала в позднем голоцене, однако, учитывая большое значение этого района как опорного для мониторинга оледенения Российской Субарктики, мы пытались получить новые данные и о его современном состоянии.

Мы провели в горах двадцать дней, включая дорогу от поселка Лабытнанги и обратно. Сейчас на месте бывшего стационара Института географии существует база отдыха местной администрации, поэтому нам пришлось использовать в качестве жилища вездеход, арендованный на все время экспедиции, который, впрочем, был очень комфортабельным. Весь бассейн Хадаты — ныне заказник, поэтому для проезда и пребывания на его территории требуется специальное разрешение, которое и было получено в г. Салехарде.

К сожалению, во время наших работ, в середине — конце июля концы ледников были еще покрыты снегом, а ограниченные средства не позволили нам продлить пребывание в горах и дожидаться конца периода абляции. В связи с этим современные границы многих ледников удалось установить лишь очень приблизительно.

## Район работ. Рельеф, климат, оледенение, растительность

Наибольшее количество ледников и многолетних снежников находится в северной части Полярного Урала (68°10' и 67° 30' с.ш.). Для этого района характерны поднятые древние денудационные плато, сильно расчлененные с западной стороны, где и сосредоточена основная масса ледников. Ледники преимущественно каровые и присклоновые восточной экспозиции. Высота их концов в этой части Урала от 400 до 900 м. Все они лежат ниже теоретической снеговой линии (800 — 1200 м) и существуют благодаря метелевому перераспределению снега и его концентрации в нишах и карах [7].

Для холодного периода на Полярном Урале характерна интенсивная циклоническая деятельность с резкими колебаниями температуры, сильными ветрами и обильными осадками. В период абляции (со второй половины мая — начала июня до второй половины сентября) циклоны менее активны. Лето прохладное и дождливое [1]. Средняя летняя температура (по данным гидрометеостанции Большая Хадата) за 1958 — 1962 гг. составляла 9°C, сумма осадков за лето за тот же период 520 мм; годовое количество осадков (1958 — 1961 гг.) равно 740 мм. Вертикальный градиент осадков составляет в среднем 100 мм на каждые 100 м высоты. Средняя годовая температура отрицательна (-6,2°C за 1958 — 1961 гг.). Установлена тесная связь хода температуры воздуха, измеренной на гидрометеостанциях Большая Хадата и Воркута [7].

Растительность в долинах Полярного Урала представлена горными тундрами, выше 500 м — гольцовыми пустынями. В лесном поясе, верхняя граница которого здесь проходит на высоте 250 м, преобладает лиственница, которая служит объектом многолетних дендрохронологических исследований [16, 17, 19].

## Представления об истории голоценового оледенения и климата

Моренные комплексы полярноуральских ледников подробно описаны [2, 7, 12], однако радиоуглеродных датировок для них до сих пор не было. Руководствуясь положением морен, Л.Д. Долгушин [2] выделяет на Полярном и Приполярном Урале три стадии оледенения — покровно-долинную, горно-долинную и карово-долинную, голоценовую. Позднеплейстоце-

новыми считаются морены, расположенные на расстоянии 25 — 30 км от концов современных ледников. Между этими моренами и ледниками в некоторых долинах выделяются относительно свежие валы — от одной до трех стадий. Депрессию концов ледников для последней, голоценовой стадии Л.Д. Долгушин оценивает в 200 м [2].

Косвенно историю голоценового климата и тенденции изменений ледников можно восстановить в общих чертах на основе спорово-пыльцевых данных [8, 10, 11]. Они свидетельствуют о том, что в раннем и среднем голоцене на Полярном Урале было теплее, чем сейчас, поэтому предполагается, что около 8 — 9 тыс. лет назад ледники здесь исчезли. Похолодание наступило в позднем голоцене — около 2500 л.н. В связи с ним во второй половине голоцена ледники появились вновь.

Проведенный недавно анализ макроостатков в торфянике Рай-Из [3] показал, что около 9500 л.н. здесь преобладали елово-лиственничные леса с березой; климат был теплее современного. Около 8500 л.н. господствовали березовые леса, в травяном покрове обнаружены виды, характерные для средней и южной тайги, что свидетельствует о еще более теплых условиях; 8000 — 4700 л.н. увеличилось число болотных видов, стало более прохладно и влажно. После резкого, но непродолжительного раннесуббореального похолодания около 4700 л.н. растительность этого района сменилась лиственничными редколесьями с некоторыми бореальными видами в травянисто-кустарничковом покрове. Около 3300 л.н. наступил суббореальный ксеротермический максимум с сухим и теплым климатом, когда господствовали лиственнично-еловые сообщества с участием сосны. После раннесубатлантического похолодания около 2500 — 2000 л.н. торфяник прекратил свое существование.

Распределение во времени  $^{14}\text{C}$  датировок (53 даты) полуископаемой древесины на Ямале [16] показывает, что древесная растительность здесь дальше всего на север продвигалась 9400 — 7400 л.н. В среднем голоцене (7400 — 3700 л.н.) граница леса сместилась к югу, но оставалась севернее современной; в рамках этого периода отмечено два этапа продвижения лесной растительности на север: в 5200 — 4500 и 3900 — 1700 гг. до н.э. Для позднего голоцена (после 3700 л.н.) характерна наиболее низкая облесенность Ямала. В целом неблагоприятными для лесной растительности в голоцене на Ямале были 6000 — 5500, 4500 — 3900, 1600 — 1200, 800 — 200 гг. до н.э. и 200 — 700 гг. н.э. [16]. Для последних 3200 лет периоды отступления границы леса на юг датированы с 350 по 110 гг. до н.э. (самое большое смещение), а также на рубеже XII — XI вв. до н.э., VII — начале VIII вв. н.э.; в первой половине XI, в XVI и XIX вв. н.э. [16].

Попытка оценить возраст голоценовых морен лихенометрическим методом была предпринята Ю.Л. Мартиным [4 — 6], который получил датировки, согласующиеся с дендрохронологическими данными [19]. Однако, поскольку скорость роста ли-

шайников была определена очень приблизительно, эти датировки пока покоятся на зыбком основании.

### Методы исследования

Основной метод изучения позднеголоценовой истории оледенения, который мы использовали, — лихенометрическое датирование морен. Вкратце его приемы сводятся к следующей схеме: на каждой поверхности измеряются несколько десятков наиболее крупных лишайников. Максимальный диаметр (или среднее из пяти максимальных) служит основанием для определения возраста морены. Если максимальный диаметр самого большого лишайника превосходит следующий по размеру более чем на 20%, этот лишайник считается “аномальным” и в расчет не принимался (подробности в [26]).

На моренах ледников Полярного Урала распространены лишайники *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC., *R. alpicola* (Hepp.) Rabenh., а также *R. subluccidum* Ras., *R. lindsayanum* Ras., *R. concretum* (Ach.) Elenk. [5]. Наиболее широко представлены два первых вида, которые морфологически сходны между собой. Первые более обильны, особенно на молодых моренах; вторые поселяются позже, и их количество становится заметным на старых поверхностях. Известно, что скорость роста у этих двух групп лишайников разная [26], поэтому их необходимо различать между собой, что довольно трудно, особенно на первых этапах появления и роста. В нашей работе мы старались различать эти виды, основываясь главным образом на более обильном и универсальном индикаторе — лишайнике *Rhizocarpon geographicum* (табл. 1). Несмотря на это, мы не можем полностью исключить попадание в выборку отдельных лишайников *R. alpicola*, особенно на древних моренах.

Разброс значений максимальных диаметров лишайников обоих видов резко возрастает после достижения ими 70 — 80 мм (здесь и далее приводятся средние значения из пяти максимальных диаметров), одновременно уменьшается и количество измеренных лишайников. Это связано с естественным уменьшением количества талломов, пригодных для измерения, поскольку на древних поверхностях преобладают колонии лишайников, у которых отдельные границы выделить невозможно. Если площадь самой морены при этом невелика, приходится довольствоваться единичными измерениями, поэтому возрастает ошибка и уменьшается надежность датирования. В этой связи все значения возраста для поверхностей с лишайниками размером больше 80 мм следует считать сугубо ориентировочными.

Кроме лихенометрии морен, мы исследовали стратиграфию межморенных озерно-ледниковых отложений ледника Берга. В приледниковых условиях смену отложений тонкого алевритового состава на более грубозернистые, песчаные, связывают с наступаниями ледников и увеличением ледникового стока; накопление органики, напротив, интерпретируется как следствие потепления, которое приводит к от-

Таблица 1

Результаты измерения лишайников *Rhizocarpon geographicum* на моренах Полярного Урала в 1999 г.

Названия ледников	Номер точки*	Описание точки	Количество измеренных лишайников	Максимальный диаметр лишайника, мм	Среднее из 5 максимальных диаметров, мм	Стандартное отклонение
Анучина	I a	абляционная морена, левый борт	103	9	8	0,45
	II a	абляционная морена, левый борт	186	24	20	2,49
	III a	абляционная морена, более высокий уровень	102	28	24	2,35
	II t	самая молодая конечная морена	98	20	17	1,67
	IV t	древняя конечная морена	186	85	66	13,90
ИГАН	V t	древняя конечная морена	149	140	127	13,65
	I t	валуны на берегу озера	нет			
	II t	самая молодая конечная морена	70	24	24	0,00
	III l	левая береговая морена	77	31	29	2,28
	III r	внутренний ярус правых береговых морен	19	33	29	3,90
	IV l	левая береговая морена	37	43	42	1,22
	IV t	конечная морена	130	45	43	1,52
	V t	низкие серые валы	21	60	51	5,41
	V r	самая высокая правая береговая морена	81	53	50	1,52
	VI t	конечная морена, покрытая черными и зелеными лишайниками	40	90	87	1,92
	VII t	площадка и вал за мореной V t	10	153	120	25,19
Обручева	I a	абляционная морена	34	10	9	1,00
	II l	плечо морены III t	52	21	19	1,67
	III a	абляционная морена	55	26	25	0,71
	III l	основной вал конечной морены	642	25	24	0,89
	III t	конечная морена с бывшей базой ИГАН	13	27	23	3,11
	IV t	конечная, за мореной III t	110	47	44	2,28
Шумского	I l	самая молодая береговая морена, левый борт	нет			
	II l	внутренний ярус левой береговой морены	14	18	14	2,39
	II t	конечная морена по самой кромке озера	18	20	19	0,84
	III t	конечная морена, подпруживающая озеро	50	33	32	1,41
	IV l	самая высокая левая береговая морена	45	44	38	4,15
	IV t	конечная морена параллельная III t	9	42	34	4,76
Авсюка	I l	правая береговая морена	23	27	26	0,89
	I t	самая молодая конечная морена	30	27	26	0,89
	II t	внешняя часть того же вала	25	42	38	2,88
	III t	конечно-моренный вал, сложенный крупными валунами	9	72	57	9,86
Берга	I t	конечная морена с мертвым льдом	17	30	26	3,05
	II l	левая береговая морена	69	44	42	1,58
	III t	конечная, за мореной I t	47	70	63	3,90
	IV t	морена, покрытая зелеными ризокарпонами, выше торфяника	16	90	77	13,89
	V t	конечно-моренный вал за торфяником	15	120	104	11,72

\* Индексы обозначают тип морены (начальные буквы соответствующих английских слов): а - абляционная, t - конечная, l - левая береговая, r - правая береговая.

ступанию ледников, уменьшению стока с них и зарастанию приледниковых озер [30]. Алевритовые отложения, накапливающиеся в западинах неподалеку от теплых ледников, отличаются высокой плотностью, низкой потерей массы при прокаливании, высокой магнитной восприимчивостью и естественной остаточной намагниченностью [29]. Стратиграфическая колонка изученных нами отложений приведена на рис. 1, пояснения даны далее в тексте.

**Описание ледников и их моренных комплексов**

**Ледник Анучина**, впервые упомянутый А.В. Хабаровым [15] в 1938 г., занимает часть днища сквозной долины высотой 750 — 780 м. В 1959 г. длина ледника составляла около 600 м. По описанию Л.С. Троицкого, “вдоль южного края ледника протягивается мощный вал морены высотой до 15 — 20 м и длиной около 350 м. В ядре вала, по-видимому, имеется лед” [13, с. 47]. Стенки кара сложены темными сланцами и кварцито-песчаниками сиреневого цвета. В полукилометре ниже ледника тянутся морены и/или обвальные отложения (там же). Сравнение результатов повторной наземной фотограмметрической съемки 1961 и 1981 гг. [14] показало, что изменения плановых размеров и толщины ледника за этот период незначительны. Юго-западная граница ледника отступила на 5 — 15 м (см. табл. 1, I а).

В момент нашего посещения 12 июля 1999 г. ледник и его ближние предполя были покрыты снегом, так что точные границы определить было невозможно. Интересно, что заснеженная часть долины имела форму и размеры ледника, которые читаются на снимках 1950 — 1960-х годов, однако периферия заснеженного поля была плоской и, возможно, лежала непосредственно на дне долины.

По описаниям Л.С. Троицкого [13], в 1958 г. ледник примыкал к конечной морене. Это хорошо видно и на аэроснимках 30 июля 1953 г. и 30 июля 1960 г. Сейчас ледник отстоит от этой морены на всем ее протяжении. Конечная морена фактически состоит из двух валов: более молодая морена (IIт) отделяется от гребня основного вала (IVт) и выклинивается против невысокой (до 0,5 м) ступени (IIIа) абляционной морены по левому борту. Морена IIт — самая молодая на предполях ледника Анучина — уже видна на снимках 1953 г., т.е. она образовалась, минимум, полстолетия назад. Средний максимальный размер лишайников секции *Rhizocarpon* на ее поверхности составляет 17 мм. На гребне самой высокой морены (IVт) эти лишайники во много раз крупнее (66 мм). Внешний склон этой морены более задернован и выглядит древнее гребня. Ниже, по центру долины сохранился островок еще более древней морены (Vт) с максимальными диаметрами лишайников до 127 мм.

**Ледник ИГАН** был основным объектом наблюдения в период МГГ. Он расположен на восточном склоне горы Хар-Наурды-Кей. Это карово-долинный ледник длиной 1,8 км, площадью 1,25 км<sup>2</sup> [13]. Его

кар сложен зелеными хлоритовыми, серыми и лиловыми серицитовыми сланцами, кварцитовидными песчаниками, серо-зелеными амфиболитизированными диабазами. Конец ледника расположен на высоте около 800 м.

В левой части долины превосходно выражена целая серия голоценовых конечно-моренных валов. Береговые морены, напротив, лучше сохранились в правой части ледника. Между ними, ближе к правому борту расположены беспорядочные нагроможде-

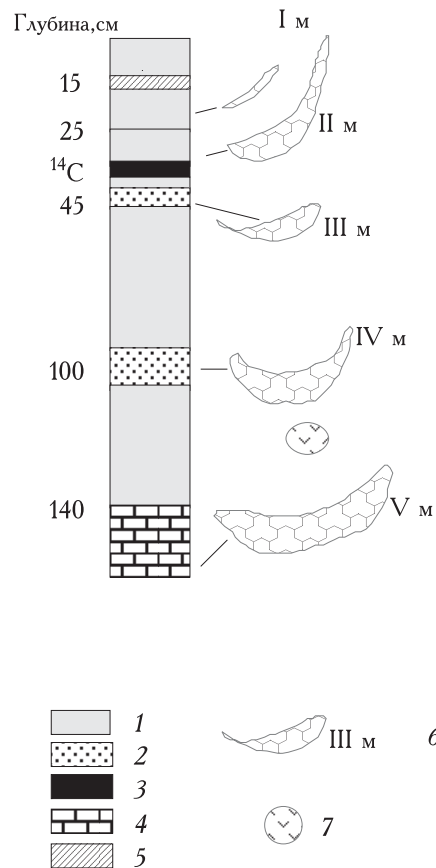


Рис. 1. Стратиграфия глинисто-алевритовых озерных отложений на предполях ледника Берга и схематическое соответствие моренных валов горизонтам этой толщи. 1 — серые глинисто-алевритовые осадки, нестратифицированные, несортированные, без растительных остатков; 2 — желтый крупнозернистый песок; 3 — глинисто-алевритовые горизонты, насыщенные растительными остатками (мхи); 4 — морена, подстилающая озерные отложения; 5 — горизонт ожелезнения; 6 — моренные валы и номера стадий наступаний ледников; 7 — положение озерца, из которого были взяты образцы, <sup>14</sup>C — глубина отбора образца на радиоуглеродное датирование

Fig. 1. Stratigraphy of lacustrine deposits on the foreland of Berg glacier and its tentative correlation to the moraines of this glacier. 1 — grey clay and silt, homogenous, without stratification, without organic material, 2 — yellow coarse sand, 3 — silt and clay with organic material (moss detritus), 4 — bedding moraine, 5 — light orange horizon enriched in iron oxide, 6 — moraines and their numbers, 7 — location of the lake, where the sampling was performed, <sup>14</sup>C - position of the <sup>14</sup>C sample in the section

ния морен, поверхность которых сильно изменена термокарстовыми процессами и каналами стока ледниковых вод, поэтому непосредственного сочленения правых береговых морен и конечных у левого борта проследить не удастся. Тем не менее в ряде случаев изохронные поверхности идентифицируются по размерам лишайников.

Берег озера у подножья конечно-моренного комплекса (I) еще не колонизирован лишайниками. Эта поверхность, по-видимому, периодически покрывается водами приледникового озера, которое, судя по аэроснимкам 1947, 1953, 1958, 1963 гг., существенно меняет свои очертания от года к году. Первая незадернованная конечная морена (II<sub>t</sub>), вероятно, несколько моложе, чем внутренний ярус правой береговой морены, который в момент нашего посещения ясно выделялся благодаря лежащему на нем кое-где снегу (III<sub>г</sub>). На одном из гребней левой береговой морены (III) такой же размер лишайников (29 мм). Наиболее высокий конечно-моренный вал (IV<sub>t</sub>), на котором был разбит ранее теодолитный базис, заметно старше, хотя его поверхность также относительно свежая, что хорошо видно по светлому тону на аэроснимках. В тылу этой морены расположено всхолмленное поле низких серых гряд, обрамленных более ясно выраженным валом. Размеры лишайников внутри этой зоны примерно такие же, как на самой высокой правой береговой морене (V<sub>t</sub>) (см. табл. 1). Примечательно, что собственно на напорных валах, которые на предполях ледника ИГАН очень хорошо выражены и ясно различимы на аэроснимках, лишайников мало и они имеют меньшие размеры, чем на моренных поверхностях в тылу этих валов. Среди береговых морен, выраженных в виде небольших фрагментов по правому борту, больше ни одна не имеет лишайников в достаточном для датирования количестве.

Ниже конечных морен генерации V меняется цветовой фон поверхности благодаря заметно более обильному покрытию обломков желто-зелеными ризокарпонами. Две следующие (VI, VII), ясно выраженные моренные генерации, еще поддаются лихенометрическому датированию. Примечательно, что на самой старой из них размеры лишайников примерно такие же, как и на древней морене ледника Анучина (120 и 127 мм, соответственно). Ниже этой морены сохранились следы более древних стадий наступания ледника, которые по внешнему облику не отличаются от стадий V и VI, но имеют лишайники меньших размеров, которые принадлежат к новой генерации и уже не могут служить индикаторами возраста морен.

**Ледник Обручева** также служил одним из основных объектов наблюдений в период МГГ. Впервые он описан А.В. Хабаковым [15], высота его конца около 400 м; кар этого ледника сложен розово-серыми кварцевыми песчаниками, зелеными хлорит-серицитовыми сланцами и зеленоватыми эффузивами; с северо-востока он обрамлен моренным валом с ледяным ядром высотой до 40 м [13].

В момент нашего посещения 15 июля 1999 г. конец ледника Обручева и его ближние предполя были частично покрыты снегом. Обнажилась лишь наиболее выпуклая часть ледника, которая, по сообщению Д.Г. Цветкова, и в 50 — 80-х годах нашего века первой освобождалась ото льда. Судя по ее положению, отступление ледника — если таковое и произошло — крайне незначительно и оценивается первыми десятками метров. По данным Л.С. Троицкого [13], в 1960 г. конец ледника отстоял от конечной морены на 230 м, но, судя по аэроснимкам и топопланам, прилегал к боковой морене. Эта морена достаточно условно именуется боковой, так как современное направление линий тока на леднике направлено перпендикулярно к ней, и она скорее представляет конечную морену (Д.Г. Цветков, личное сообщение). С другой стороны, в недалеком прошлом, когда ледник был больше, конечная морена формировалась ниже по долине, а рассматриваемый вал представлял собой береговую морену. По данным Д.Г. Цветкова [1], с 1957 по 1981 г. ледник отступил примерно на 60 м.

На участках абляционной морены у подножья береговой морены, освободившейся ото льда в 1960 — 90-х годах (I<sub>a</sub>), размеры лишайников составляли 9 — 10 мм. На внутренней поверхности боковой морены читается слабо выраженный уровень (III), который несколько старше поверхности (I<sub>a</sub>). Вал береговой (переходящей в конечную) морены (III, III<sub>t</sub>) служил когда-то основой для Ю.Л. Мартина (1967) при оценке скорости роста лишайников *Rhizocarpon tinei* (соответствует *R.geographicum* в более поздней работе Мартина [6]). Сейчас максимальные размеры лишайников *Rhizocarpon* на нем составляют 24 мм. Морена стадии (III) частично перекрывает более древнюю морену (IV), следы которой выражены во фронтальной части моренного комплекса.

За озером сохранились фрагменты более древних морен ледника Обручева, где из-за недостатка времени лихенометрическая съемка не проводилась.

**Ледник Шумского** лежит в соседней с ледником Обручева долине, в каре восточной экспозиции. В момент нашего посещения 17 июля 1999 г. он, так же как ледник Обручева, был покрыт сезонным снегом. Границы заснеженной поверхности в июле 1999 г. совпадали с границами ледника в 1960-х годах. Так же как и тогда, ледник оканчивался в озере, высота уреза 560 м.

Ледник впервые упомянут А.В. Хабаковым [15]. Наземная фотограмметрическая съемка проведена в 1961 г. [18]. Сравнение аэроснимков 1953 и 1960 гг. показало, что ледник отступил примерно на 40 м. Озеро подпружено молодыми моренами. Самый мощный моренный вал слева от ледника включает следы трех стадий (I — III). Из них две более древние имеют аналоги в конечно-моренном комплексе, который подпруживает озеро. Еще более древние береговые морены и несколько конечных, расположенных непосредственно за валом (IV), по лихенометрии не датируются, поскольку лишайники на их поверхности меньше, чем на более молодых моренах.

**Ледник Авсюка** расположен в соседнем с ледником Шумского каре. За недостатком времени осмотрен бегло. Высота конца примерно 750 м [13]. В 1961 г. проведена наземная фотограмметрическая съемка [18]. Имеются аэроснимки 30 июля 1953 г. Исследованы левые береговые и конечные морены. По размерам лишайников и морфологии моренных валов выделено три стадии наступания ледника.

**Ледник Берга** обнаружен в 1949 г. геологом М.Н. Пархановым [13]. Кар этого ледника сложен розовыми кварцито-песчаниками, сланцами и зеленовато-серыми эффузивами. Моренный комплекс ледника Берга тянется на 1 км и замыкается мощным задернованным валом, подпруживающим озеро.

Сравнение с аэроснимком 1960 г. и наземной фотографией, сделанной 30 августа 1959 г., показывает, что плановые размеры ледника почти не изменились: его язык по-прежнему находится на берегу озера, которое несколько расширилось в поперечном направлении. Озеро окружено мощной мореной (It), содержащей ледяное ядро. За этой молодой мореной находятся еще несколько относительно молодых моренных валов и гряд (стадии II — III), которые уверенно идентифицируются и по размерам лишайников, растущих на них. Эти свежие “серые” морены сменяются “зелеными” (стадии IV — VI), цвет которых определяется покрывающими их ризокарпонами. Возраст этих морен по лишенометрии определяется условно, поскольку на их поверхности удалось обнаружить лишь несколько экземпляров крупных лишайников (90 — 150 мм), в то время как основная их масса существенно меньших размеров. По-видимому, в этой зоне сказывается конкуренция между лишайниками, и поэтому возможности их роста здесь ограничены.

Между моренными валами генерации IV и V расположено межморенное понижение, заполненное глинисто-алевритовыми озерными осадками, переслаивающихся с песчаными слоями и прослоями растительного детрита. Эта серия подстилается грубообломочным материалом морены. Глубина осадков до морены 140 см. С поверхности осадки разбиты морозобойными трещинами и покрыты темным наилком, содержащим растительную органику. Строение разреза показано на рис. 1. Из наиболее насыщенного органикой горизонта, с глубины 40 — 42 см был взят образец на радиоуглеродное датирование, которое показало возраст  $340 \pm 110$  лет (ГИН-10720).

#### Относительный возраст морен

У исследованных ледников по размеру лишайников выделяется несколько возрастных классов морен: поверхности, освободившиеся ото льда после конца 50-х — начала 60-х годов XX в. с лишайниками размером 8 — 9 мм; внутренний ярус береговых морен (ледники Обручева, Анучина, Шумского) или невысокая, маломощная конечная морена (ледник Шумского) с лишайниками 19 — 20 мм; ясно выраженные конечно-моренные валы у ледников ИГАН, Авсюка, Берга с

лишайниками 24 — 26 мм; морены с лишайниками 29 — 32 мм у ледников ИГАН и Шумского, которые, возможно, представляют собой отдельную стадию наступания ледников, хотя она ясно не выделяется морфологически; мощные конечные и береговые морены с лишайниками 42 — 44 мм (ледники Берга, Обручева, ИГАН). По-видимому, к этой же стадии относятся морены ледников Шумского (III) и Авсюка (II), на которых средний максимальный размер лишайника несколько меньше (36 — 38 мм), но единичные экземпляры лишайников также достигают 42 — 44 мм. У ледника ИГАН самая высокая береговая морена представляет следующую по возрасту стадию (50 мм), которая не сохранилась у других ледников.

Более древние морены выделяются по лишайникам менее уверенно, так как на этих поверхностях крупные лишайники встречаются нечасто, и поэтому разброс значений их максимальных диаметров велик. Вероятно, к одной стадии наступания принадлежат морены со средними максимальными диаметрами лишайников  $60 \pm 14$  мм (ледник Анучина),  $57 \pm 10$  мм (ледник Авсюка),  $63 \pm 4$  мм (ледник Берга). Две более древние стадии с лишайниками диаметром  $87 \pm 2$  мм (ледник ИГАН) и  $77 \pm 14$  мм (ледник Берга) (максимальный размер лишайников 90 мм на обеих моренах), и  $127 \pm 14$  мм (ледник Анучина),  $120 \pm 25$  мм (ледник ИГАН),  $104 \pm 12$  мм (ледник Берга).

На гистограмме распределения числа морен по диаметрам максимальных лишайников (рис. 2) отмечены две группы, разделенные промежутком почти без следов наступаний ледников (диаметры лишай-

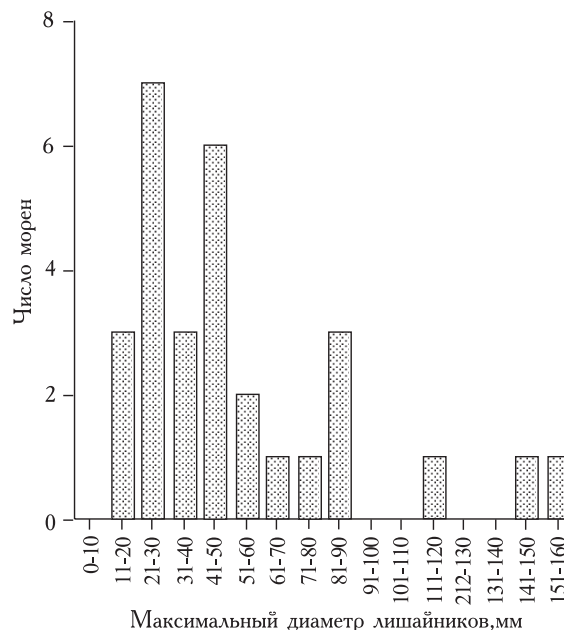


Рис. 2. Гистограмма распределения морен Полярного Урала по размеру обнаруженных на них максимальных лишайников *Rhizocarpon geographicum*  
 Fig. 2. Histogram of distribution of moraines (Polar Urals) by their maximum lichen (*Rhizocarpon geographicum*) diameters

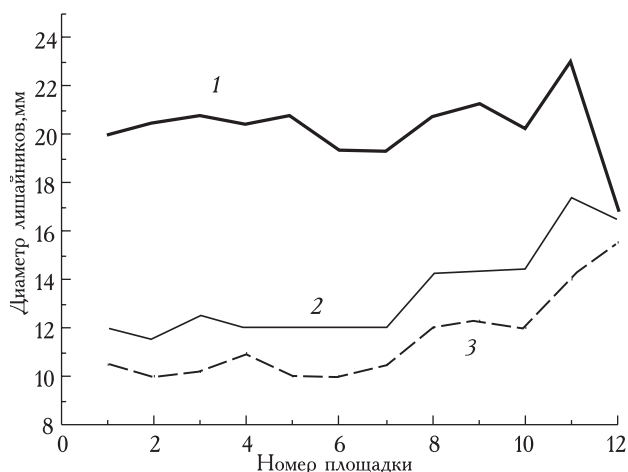


Рис. 3. Максимальные диаметры лишайников *Rhizocarpon geographicum* на морене ледника Обручева: по результатам измерений в 1999 г. (1), по данным измерений Ю.Л. Мартина в 1977 (2) и в 1965 гг. (3) [6]

Fig. 3. Maximum diameters of *Rhizocarpon geographicum* on the moraine of Obruchev glacier: 1 — according to our measurements in 1999, 2 — according to the measurements of Yu.L. Martin in 1977, and 3 — in 1965 [6]

ников 90 — 140 мм). Более молодой максимум (морены с лишайниками 11 — 90 мм) состоит из многочисленных разновозрастных генераций с двумя заметными пиками.

### Скорость роста лишайников

В своей первой работе, посвященной лихенометрии Полярного Урала, Ю.Л. Мартин [4] указывал, что прирост лишайника-индикатора *Rhizocarpon tinei* на моренах полярноуральских ледников составляет от 0,14 до 0,20 мм/год. Основанием для этих оценок служила гипотеза о столетнем возрасте самых близких

ледникам морен с ледяным ядром, основанная на реконструкции баланса массы ледников [13]: измерив лишайники на этих моренах Мартин получил примерную скорость их роста в этом районе. Через 11 лет он провел повторную лихенометрическую съемку этих морен (рис.3). Разница между размерами максимальных диаметров составила максимум 2,35 мм, в среднем 2,12 мм за 11 лет [6]. Мартин предположил, что в полярных районах скорость роста лишайников с возрастом не меняется и использовал линейную зависимость диаметр — возраст, приняв за основу величину прироста около 0,16 — 0,19 мм/год.

Мы сделали попытку оценить скорости роста лишайников на Полярном Урале двумя способами: методом повторных измерений и методом поверхностей [26]. Последний дает более достоверные результаты, поскольку при таком подходе определяются интегральные скорости роста, тогда как полученные путем повторных замеров могут сильно зависеть от короткопериодных колебаний климата.

Вслед за Мартиным [6] мы провели детальную лихенометрическую съемку на морене ледника Обручева (см. рис. 3 и табл. 1). По гребню морены измерялись все крупные лишайники — по одному максимальному на каждом валуне — на площадках, заложенных через каждые 25 м. Всего получилось 12 таких площадок (т.е. столько же, сколько у Ю.Л. Мартина), на которых было измерено 642 лишайника. Максимальный диаметр лишайников *Rhizocarpon* на морене 25 мм, средний из пяти максимальных 24,4 мм. Таким образом, за 1977 — 1999 гг. прирост этих лишайников оказался примерно вдвое больше, чем для периода 1965 — 1977 гг., и составил около 0,3 мм/год.

Кроме этого, в качестве реперных поверхностей для определения скорости роста лишайников были использованы отвалы горных выработок 40-х — нача-

Таблица 2

Реперные точки для кривой роста лишайников *Rhizocarpon geographicum* на Полярном Урале (измерения 1999 г.)

Описание точки	Возраст поверхности по независимым источникам	Количество измеренных лишайников	Максимальный диаметр лишайника, мм	Среднее из 5 максимальных диаметров, мм	Стандартное отклонение
Долина Пайпудына, левый борт, штольня и отвалы, высота 490 м	1940-е — начало 1950-х гг.	62	12	11,80	0,45
Там же, второй отвал	1940-е — начало 1950-х гг.	14	9	7,00	1,41
Дорога на Ханмей, карьеры, высота 240 м	до начала 1950-х гг.	107	15	14,20	0,45
Отвалы Немур-Еган, керны глубокого бурения	1959-1962 гг.	53	8	7,20	0,45
Поселок Харбей, молибденовый рудник, отвалы	до начала 1950-х гг.	88	14	12,40	1,14
Карьер (37 км Баланенковской трассы), высота 130 м	начало 1980-х гг.	нет			
Ледник Анучина, абляционная морена	1960-е гг.	103	9	8,20	0,45
Ледник Обручева, абляционная морена	1953-1966 гг.	34	10	9,00	1,00

ла 50-х годов нашего времени (табл. 2); карьеры 40-х, 50-х и 80-х годов, откуда поступал материал для строительства дорог; керны глубокого бурения на месторождении “Мраморное”, которые были маркированы 1959 — 1962 гг., а также участки абляционной морены, отложенной после начала 60-х годов. Эти реперные точки аппроксимируются прямой ( $R^2=0,85$ ). Скорость роста лишайников *Rhizocarpon* в первые сто лет, определенная по этой прямой, составляет около 0,5 мм/год, т.е. это еще большая величина, чем полученная при повторном обследовании морены ледника Обручева в 1999 г.

Косвенно полезной при оценках скорости роста лишайников может быть радиоуглеродная датировка, полученная для озерно-ледниковых отложений у ледника Берга. В глинисто-алевритовой толще однообразного состава здесь выделяются два горизонта крупнозернистого песка и два горизонта, обогащенных растительными остатками (см. рис. 1). Рассматриваемая толща озерных отложений лежит на осадках морены V; крупнозернистый песок на глубине 100 — 105 см можно синхронизировать с мореной IV, а песчаный горизонт на глубине 45 — 47 мм — с мореной III. Выше этого слоя на глубине 40 — 42 см лежит горизонт с растительными остатками, датированными по радиоуглероду —  $340 \pm 110$  л.н. (ГИН-10720). Осадки, синхронные с наступаниями II и I, лежат выше по разрезу; последние не отразились на изменении механического состава осадков, но, возможно, кратковременное потепление, разделившее эти наступания, соответствует второму маломощному горизонту рассеянной органики на глубине 25 см от поверхности. Таким образом, можно предположительно заключить, что морена III (см. табл.1) несколько древнее радиоуглеродной даты, а морена II соответственно моложе ее.

### Обсуждение результатов

Опыт мировых исследований показывает, что во многих районах на начальном этапе лихенометрических работ из-за недостатка реперных поверхностей древнего возраста принимается линейная аппроксимация скорости роста лишайников, которая позже, с появлением новых реперных точек сменяется линейной, описывающей замедление прироста лишайников с возрастом (см., например [20]). К сожалению, все полученные нами реперные точки охватывают

только интервал последних 50 лет и непригодны для корректировки кривой в этом смысле. Не принесло результатов обследование кладбищ в Салехарде (бывшем Обдорске) и поселке Лабитнанги.

Первые сведения о ледниках Полярного Урала, появившиеся в 1930-х годах [13, 15], имеют слишком общий характер, чтобы их можно было использовать в качестве источника сведений о форме и размерах ледников в прошлом. Радиоуглеродная датировка из разреза у ледника Берга, упомянутая выше, также не может служить основанием для окончательной оценки скорости роста лишайников на участке кривой после 100 лет по следующим причинам. Как все молодые радиоуглеродные датировки, она имеет очень широкий диапазон истинных значений календарного возраста. Так, на 95,4%-ном уровне значимости дата  $340 \pm 110$  л.н. после калибровки превращается в три возможных временных интервала: 1400 — 1820, 1840 — 1880, 1910 гг. — современность; на 68,2%-ном уровне значимости диапазон сужается до 1440 — 1660 гг. Датировка непосредственно не относится ни к одной из морен. Поэтому, учитывая возможную неполноту использованной нами стратиграфической колонки, где локальные явления трудно отличить от климатически обусловленных, соотношение отложений и форм рельефа носит в значительной степени условный характер.

Таким образом, несмотря на появление нескольких (см. табл. 2) новых реперных точек однозначного решения вопроса о скорости роста лишайников Полярного Урала пока нет. Привлечение данных реконструкции баланса массы ледников [1, 13] и анализа годовых колец [16, 17, 19, 22] позволяет лишь гипотетически соотнести некоторые морены с похолоданиями.

Согласно балансовым реконструкциям, самое значительное увеличение массы ледников с 1818 г. происходило в 80-х годах XIX в. Принимая во внимание небольшие размеры ледников, непосредственно за этим должно было последовать наступание их концов и формирование конечных морен. Наиболее вероятные “кандидаты” на место этих морен — морены с диаметром лишайников 24 — 26 мм, т.е. первый от концов ледников мощный вал свежего облика с ледяным ядром. Эти морены были использованы в качестве дополнительной реперной точки

Таблица 3

Оценки возраста морен ледника Берга, полученные разными способами

Номер морены ледника Берга	Максимальный диаметр лишайника, мм	Возраст морен по кривой массива Сарек, л.н.	Возраст морен по кривой Полярного Урала, л.н.	Возраст соответствующих горизонтов в разрезе у ледника Берга по скорости седиментации, л.н.
I	27	80	110	110
II	44	135	180	180
III	70	230	300	200
IV	90	310	410	450
V	120	1000	600	640



Таблица 4

Сведения о районах Субарктики, где проводились лишенометрические исследования, результаты которых (кривые роста лишайников) показаны на рис. 3

Номера и названия регионов (см. рис. 4)	Широта	Высота, м	Средняя годовая температура, °С	Средняя температура июля, °С	Среднее годовое количество осадков, мм	Источники
1. Северо-западное побережье Шпицбергена	79°	вблизи уровня моря	-4,7 — -5,8	5,2	385	[31]
2. Горы Св.Ильи и Врангеля, Южная Аляска	61°30'—61°45'	1200-1500	-5,5	13,9	360	[23-25]
3. Северная Швеция	67°	900-1250	-4,3	12,5-13,7	900	[27]
4. Южная Норвегия	62°	250-285	5		1000-1500	[21]
5. Полярный Урал	67°—68°	100-800	-6,3	13	740	настоящая работа

для кривой роста лишайников; ими же в свое время воспользовался Ю.Л. Мартин [4, 6] для примерной оценки скорости их роста. Если предположение о возрасте этих морен верно, то уровень береговой морены, сохранившейся кое-где на внутренней, проксимальной к леднику поверхности этих морен, относится к началу нынешнего столетия. Эта датировка косвенно подтверждается кривой баланса массы, показывающей, что в 1910-е годы наблюдался небольшой пик накопления массы, который мог привести к наступанию или, скорее, стационарированию ледников.

За моренами стадии, условно датированной 80-ми годами XIX в. обычно находятся морены с лишайниками размером 42 — 44 мм. Они соответствуют либо предыдущему пику положительного баланса в первой трети XIX в. [13], либо сформировались во

время еще более раннего похолодания, которое закончилось в 20-х годах XVII в. [19]. Окончательно решить этот вопрос на данном этапе невозможно, однако некоторые косвенные предположения свидетельствуют скорее о более молодом, примерно 200-летнем возрасте этих морен. Так, если считать, что формирование верхнего горизонта с органикой в разрезе у ледника Берга было прервано похолоданием и наступанием ледников в 80-х годах XIX в., величина годового накопления глинисто-алевритовой толщи составит 0,21 — 0,22 см/год. Тогда, прекращение торфонакопления, связанное с предыдущим похолоданием и формированием морены II ледника Берга, которая, возможно, ему соответствует, имеют возраст около 180 лет (табл. 3); песчаный горизонт, лежащий ниже горизонта с органикой на глубине 45 см и морена III (см. рис.1) — около 200 лет; второй песчаный гори-

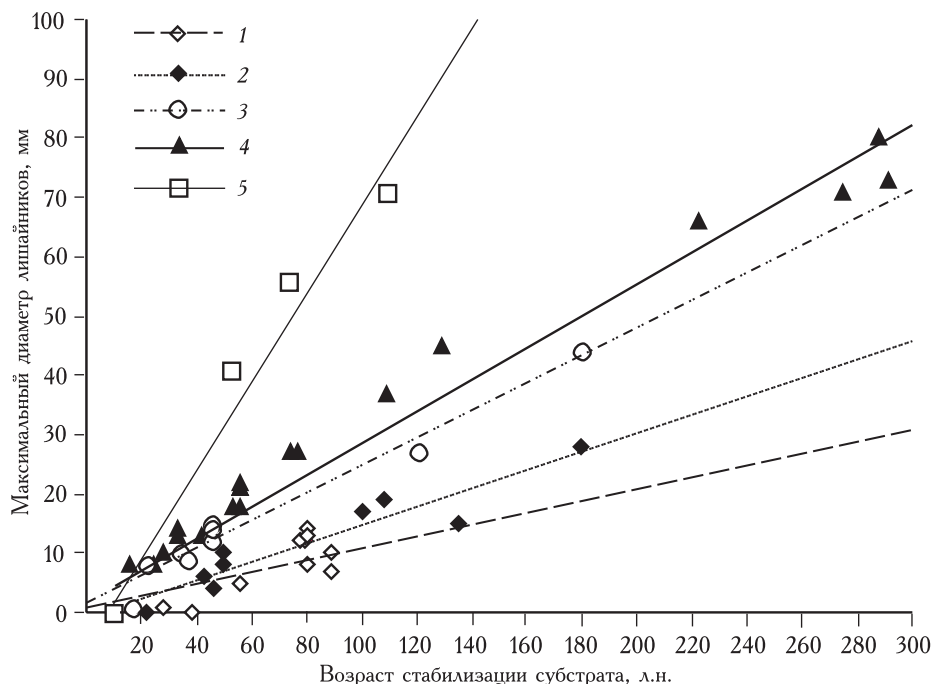


Рис. 4. Кривые роста лишайников подрода *Rhizocarpon* в разных районах Субарктики. Номера кривых и соответствующие им названия регионов даны в табл. 4

Fig. 4. Growth curves of *Rhizocarpon* subgenus in various regions of Subarctic. Numbers of the curves correspond to the names of the regions given in the column 1, table 4

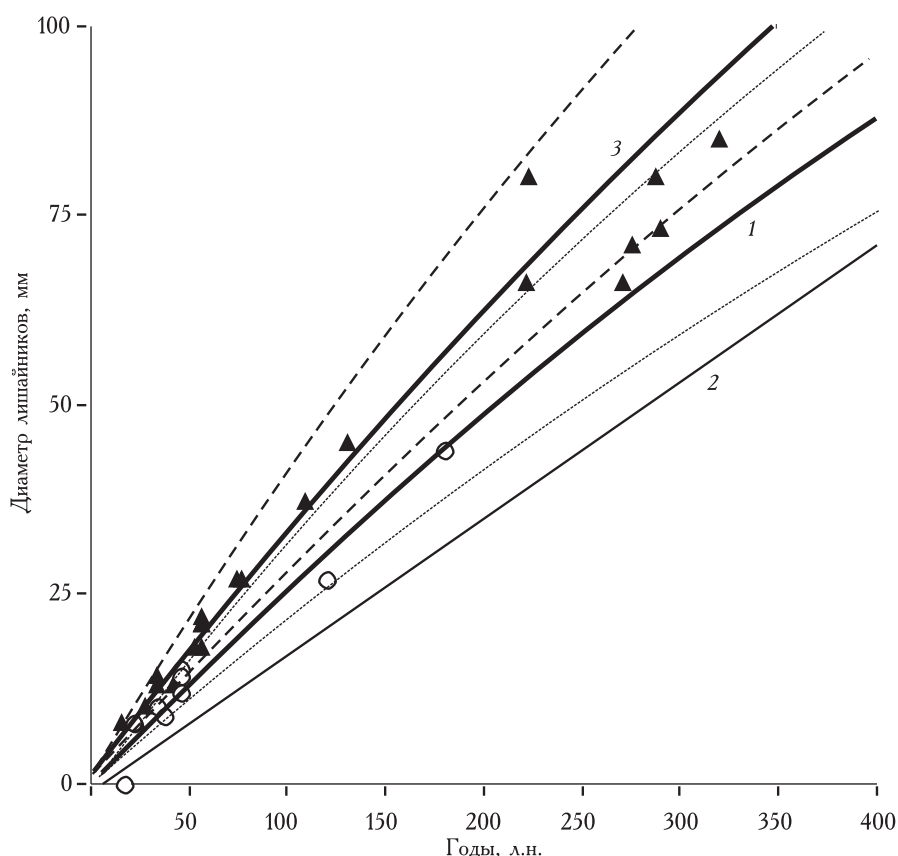


Рис. 5. Кривые роста лишайников *Rhizocarpon geographicum*: 1 — предложенная в настоящей работе для Полярного Урала; основана на восьми новых реперных точках (см. табл. 2), радиоуглеродной датировке ( $340 \pm 110$  л.н.) и предположительном соответствии морен с периодами положительного баланса массы ледников, по [7]; 2 — линейная аппроксимация кривой роста, предложенная Ю.Л. Мартиным, основанная на повторных измерениях лишайников на моренах в 1965 и 1977 гг. и предположительном соответствии их наступанию ледников в 1880-х годах; 3 — реперные точки и кривая роста лишайников *Rhizocarpon geographicum* в массиве Сарек в северной Швеции, по [27]. Кривые 1 и 3 построены методом Мэтьюса [28] и имеют вид:  $\log(y+c)=a+bx$ , где  $y$  — возраст морены (годы),  $x$  — размер максимального лишайника,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — константы. Коэффициент  $c$  подбирается путем итерации с шагом в 1 год с целью получения максимального коэффициента корреляции между размером лишайника и возрастом морены. Для кривых 1 и 3 ограничена 20%-ная зона, которая часто принимается как предел ошибки лихенометрического датирования [21, 26]

Fig. 5. Growth curves of *Rhizocarpon geographicum*: 1 — suggested here for Polar Urals; based on 8 control points (table 2), radiocarbon date ( $340 \pm 110$  yrs BP) and tentative correlation of moraines and periods of positive mass balance of glaciers [by 13], 2 — linear growth curve suggested by Martin. Based on repeated lichen measurements on the moraines in 1965 and 1977 and suggestion of their formation in 1880s, 3 — Control points and growth curve of *Rhizocarpon geographicum* in Sarek, Northern Sweden, by [27]. Curves 1 and 3 are constructed using the approximation advanced by J. Matthews:  $\log(y+c)=a+bx$ , where  $y$  — is the age of moraine,  $x$  — the size of maximum diameter,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — constants.  $c$  is computed using iterative procedure with one-year increment to maximise the correlation coefficient between lichen size and moraine age. For the curves 1 and 3 the 20% error of dating is shown [21, 26]

зонт на глубине 100 см и морена IV — около 450 лет, а подстилающие моренные отложения и сам вал V — более 600 лет.

Сопоставление реперных точек Полярного Урала с кривыми роста лишайников других районов Субарктики (рис. 4) показывает, что скорости роста лишайников на Полярном Урале выше, чем на Аляске и Шпицбергене, т.е. в районах с более суровым климатом (табл. 4), но ниже, чем в более теплой южной Норвегии. В первые 100 лет они близки приросту лишайников в массиве Сарек [27] в северной Швеции, что вполне логично с точки зрения сходства климатических и орографических условий обоих регионов. По распределению реперных точек на рис. 5 видно, что скорости роста лишайников на Полярном Урале

несколько меньше, чем в массиве Сарек, поэтому, если рассчитывать возраст морен Полярного Урала по шведской кривой, он будет немного занижен.

Сравнение возраста морен ледника Берга, полученных по кривой массива Сарек [27], с нашими оценками возраста морен по скорости накоплений осадков в разрезе у этого ледника (см. табл. 3), показывает, что, хотя порядок возрастов, определенный этими двумя способами, одинаковый, в целом расхождения довольно существенны. Они могут быть связаны с двумя вероятными причинами. С одной стороны, возможно “накопление” ошибки в оценке возраста отложений вследствие неоднородности состава колонки, возможных перерывов и изменений скорости осадконакопления. Это особенно заметно

между стадиями II и III, которые в колонке разделены слоем органики. По всей видимости, накопление неорганической массы в это время замедлилось. Этим объясняется и слишком молодой возраст морены III, определенный по скорости осадконакопления. С другой стороны, следует учитывать, что со временем уменьшается точность лихенометрического датирования, причем уменьшение происходит нелинейно. Так, в массиве Сарек надежно датируются морены последних 400 лет, поскольку подавляющее большинство реперных точек сосредоточено в этой области. Перегиб кривой приходится на период около 1000 лет и определен достаточно произвольно, так как для области древних значений получена всего одна реперная точка.

#### Заключение

Исследования 1999 г. показали, что ледники Полярного Урала по-прежнему существуют, несмотря на известный глобальный климатический тренд последних ста лет к потеплению. Более того, их размеры, видимо, мало изменились по сравнению с 80-ми годами XX в., хотя для точной идентификации современных границ ледников необходимы дополнительные полевые или дистанционные исследования.

Строение моренных комплексов, расположенных в десятках метров от концов современных ледников, свидетельствует о неоднократных их наступаниях примерно с одинаковой амплитудой. Относительное датирование морен с помощью лихенометрии показало, что возрастной состав морен, входящих в эти комплексы, сходен у разных ледников. Это говорит о климатической обусловленности наступаний, которые привели к формированию морен.

Датирование позднеголоценовых морен Полярного Урала возможно с помощью лихенометрии. Новые данные о скорости роста лишайников-индикаторов, полученные путем комбинации метода повторных измерений и реперных поверхностей, показывают, что лишайники *Rhizocarpon geographicum* прирастают примерно на 0,25 мм в первые 100 лет. Распределение реперных точек свидетельствует о том, что скорости роста этих лишайников на Полярном Урале наиболее близки кривой роста *Rhizocarpon geographicum* в Северной Швеции. Однако эту кривую можно использовать лишь для самых общих оценок возраста отложений на Полярном Урале.

По размерам лишайников на Полярном Урале выделяются молодые поверхности абляционной морены, оформившиеся во время отступления ледников в последние 40 — 50 лет, маломощные морены начала XX в. с максимальным диаметром лишайников около 20 мм, морены с ледяным ядром предположительно 80-х годов XIX в. (диаметр лишайников 24 — 26 мм); мощные и хорошо сохранившиеся морены с лишайниками 42 — 44 мм, а также несколько более древних стадий. Гистограмма распределения числа морен по диаметрам лишайников (см. рис. 2) имеет явное сходство с типовыми гистограммами распре-

ления числа морен последнего тысячелетия во времени, построенными для других горно-ледниковых районов [9], где два максимума соотносятся с первой и второй фазами малого ледникового периода, промежуток между ними соответствует относительно теплому интервалу между ними; два пика в рамках более молодой группы морен предположительно совпадают с двумя известными максимумами наступания ледников в XVII и XIX вв.

#### Благодарности

Авторы сердечно благодарят за ценные консультации Д.Г. Цветкова, Л.С. Троицкого, Л.Д. Долгушина. Неоценимую помощь в полевых работах оказали С.В. и М.К. Герасимовы и водитель вездехода С.В. Тимофеев, который предоставил уникальные сведения о карьерах и шахтах Полярного Урала. Мы благодарны Л.Д. Сулержицкому, выполнившему радиоуглеродное датирование, и Л.И. Лазуковой, оказавшей помощь в обработке образцов.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, гранты N 99-05-79055, N 99-05-64946 и N 00-15-98566.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волошина А.П. Некоторые исследования баланса массы ледников Полярного Урала. — МГИ, вып. 61, 1988, с. 44-51.
2. Долгушин Л.Д. Региональные проблемы оледенения по исследованиям на Урале, в Центральной Азии и Антарктиде. Научный доклад на соискание ученой степени доктора географических наук. М., 1963, 55 с.
3. Кошкарлова В.Л., Карпенко Л.В., Орлова Л.А. Динамика растительности и верхней границы леса в голоцене на Полярном Урале. — Экология, 1999, N2, с. 121-125.
4. Мартин Ю.Л. Формирование лишайниковых синузий на моренах ледников Полярного Урала. Автореф. канд. дисс. Свердловск, 1967, 22 с.
5. Мартин Ю.Л. О возрастной структуре лишайникового покрова морен некоторых современных ледников. — Тр. Ин-та экологии растений и животных Уральского фил. АН СССР, т. 69, 1969, с. 201-207.
6. Мартин Ю.Л. Динамика лишайниковых синузий и их биогеохимическая роль в экстремальных условиях среды. Автореф. докт. дисс. Таллин, 1987, 32 с.
7. Оледенение Урала. М., "Наука", 1966, 306 с.
8. Смирнов Н.Г., Андреичева Л.Н., Корона О.М. и др. Материалы к характеристике биоты Приуральской Субарктики в голоценовом оптимуме. — Биота Приуральской Субарктики в позднем плейстоцене и голоцене. Екатеринбург, 1999, с. 23-60.
9. Соломина О.Н. Горное оледенение Северной Евразии в голоцене. М., "Научный мир", 1999, 264 с.

10. Сулова Т.Г., Троицкий Л.С. О динамике растительного покрова, климата и оледенения на Полярном Урале в голоцене. — Палинология голоцена. М., 1971, с.121-135.
11. Сулова Т.Г., Троицкий Л.С., Пуннинг Я.-М. Палеогеография и абсолютная хронология голоцена Полярного Урала. — Изв. АН Эстонской ССР, химия, геология, т. 24, вып. 2, 1975, с. 152-159.
12. Троицкий Л.С. Некоторые особенности современного оледенения Полярного Урала. — Гляциол. исслед., N 6. М., 1961, с.70-85.
13. Троицкий Л.С. Гляциоморфология. Полярный Урал. Материалы гляциол. исслед. (МГГ). М., 1962. 166 с.
14. Тюфлин А.С., Перевошикова Т.П. Изменение ледников Анучина и Чернова на Полярном Урале. — МГИ, вып. 56, 1986, с. 96-99.
15. Хабаков А.В. Полярный Урал и его взаимоотношения с другими складчатыми областями. — Тр. Горно-геол. управления Главсевморпути, т. 15. М.-Л., 1945, 80 с.
16. Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г. Основные этапы развития древесной растительности на Ямале в голоцене. — Экология, 1999, N 3, с. 163-169.
17. Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г. Радиоуглеродные и дендрохронологические датировки полуископаемой древесины на Ямале и их использование для изучения динамики лесотундровых экосистем. — Биота Приуральской Субарктики в позднем плейстоцене и голоцене, Екатеринбург, 1999, с. 3-22.
18. Цветков Д.Г. 10 лет фотогеодезических работ на ледниках Полярного Урала. — МГИ, вып. 16, 1970, с. 245-256.
19. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М, "Наука", 1986, 135 с.
20. Beget J.E. Tephrochronology, lichenometry and radiocarbon dating at Gulkana Glacier, central Alaska Range, USA. — The Holocene, v. 4, 1994, p. 307-313.
21. Bickerton R.W., Matthews J.A. On the accuracy of lichenometric dates: an assessment based on the "Little Ice Age" moraine sequence of Nigardsbreen, southern Norway. — The Holocene, v. 2, 1992, p. 227-237.
22. Briffa K.R., Jones Ph.D., Schweingruber F.H. et al. Unusual twentieth-century summer warmth in a 1,000-year temperature record from Siberia. — Nature, v. 376, 1995, N 6536, p. 156-159.
23. Calkin P.E., Ellis J.M. A lichenometric dating curve and its application to Holocene glacier studies in the central Brooks Range, Alaska. — Arctic and Alpine Research, v. 12, 1980, p. 245-264.
24. Denton G. H., Karlen W. Lichenometry: its application to Holocene moraine studies in Southern Alaska and Swedish Lapland. — Arctic and Alpine Research, v. 5, 1973, p. 347-372.
25. Evison L. H., Calkin P. E. Ellis J.M. Late-Holocene glaciation and twentieth-century retreat, north-eastern Brooks Range, Alaska. — The Holocene, v. 6, 1995, p. 17-24.
26. Innes J.L. Lichenometry. — Progress in Physical Geography, v. 9, N 2, 1985, p. 187-254.
27. Karlen W., Denton G. Holocene glacial variations in Sarek National Park, Northern Sweden. — Boreas, v. 5, 1975, p. 25-56.
28. Matthews J.A. Families of lichenometric dating curves from the Storbreen gletscherforfeld, Jotunheim, Norway. — Norsk. geogr. tidsskr., v. 28, 1974, p. 215-235.
29. Matthews J., Karlen W. Asynchronous neoglaciation and Holocene climatic changes reconstructed from Norwegian glaciolacustrine sedimentary sequences. — Geology, v. 20, 1992, p. 991-994.
30. Nesje A., Dahl S.O. Holocene Glacier Variations of Blaisen, Hardangerjokulen, Central Southern Norway. — Quaternary Research, v. 35, 1991, p. 25-40.
31. Werner A. Lichen growth rates for the Northwest coast of Sptisbergen, Svalbard. — Arctic and Alpine Research, v. 22, 1990, p. 129-140.

#### SUMMARY

Modern state and late Holocene history of IGAN, Obruchev, Anuchin, Shumsky, Avsuk, Berg, MGU glaciers in Polar Urals were studied in July, 1999. Lichenometry was the main tool to reconstruct the time of former glacier advances. To estimate the growth rate of lichens (*Rhizocarpon geographicum*) we used topographic maps of IGAN and Obruchev Glaciers, aerial photographs taken in the 1953, 1960, 1968, 1973, terrestrial photogrammetry, and on-land photographs of the 1960s through 1999, as well as pits and quarries of the end of 1940s-1980s, a radiocarbon date ( $340 \pm 110$  years BP GIN-10720) of organic horizon buried in lacustrine deposits, found between two moraine ridges of Berg glacier. Additionally the curve is indirectly controlled by stratigraphic data, mass balance reconstruction (from AD1818) and tree-ring analysis of larch ring width of the last millennium. The new curve shows the growth rate of *Rhizocarpon geographicum* equal to 0.22 — 0.25 mm/year for the last few centuries. Judging by the position of glacier fronts in 1999 the size of glacier changed a little since 1980s, although the general tendency of retreat is keeping. Following moraines were identified near the modern fronts of glacier: ablation moraines deposited during the glacier retreat of the last 40 — 50 years, narrow shelves of lateral moraines of the beginning of the XX century with maximum diameter of lichens equal to 20 mm, ice-cored moraines presumably of the 1880s (lichen diameters — 24 — 26 mm), well preserved and shaped moraines with lichens 38 — 44 mm, as well as several more ancient moraines (lichen diameters — 63 — 66, 77 — 87 and 100 — 120 mm) deposited during the advances of similar extent in the last millenium.