

РЕАКЦИЯ ЛЕДНИКОВ ЗЕМЛИ НОРДЕНШЕЛЬДА (АРХ. ШПИЦБЕРГЕН) НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

канд. геогр. наук Б.Р.МАВЛЮДОВ¹, д-р геогр. наук Л.М.САВАТЮГИН²,
науч. сотр. И.Ю.СОЛОВЬЯНОВА²

¹ – Институт географии РАН, г. Москва

² – ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, savat@aari.ru

Реакция ледников отражает осредненные показатели колебаний климата. На основании анализа полевых и метеорологических данных предшествующих исследований 1965–1989 гг. и наших собственных исследований 2001–2010 гг. рассмотрена реакция ледников западной части Шпицбергена на изменения климата. Для оценки изменения ледников во времени были использованы топографические карты 1936 г., аэрофотоснимки НПИ 1990 г. и полевые измерения на ледниках. Анализ динамики ледников Земли Норденшельда показал, что они довольно чутко реагируют на изменения климата. Было отмечено, что ледники в течение XX века имели отрицательный баланс массы и непрерывно деградировали. При этом наиболее интенсивно они отступали в течение последних десятилетий. Однако примерно с 2003 г. ситуация в некоторой степени изменилась и деградация ледников замедлилась. При этом в нижних частях ледников интенсивность таяния льда практически не изменилась, а в верхних частях ледников таяние льда сократилось вдвое и более. Это явление сопровождается повсеместным понижением высоты границы питания ледников, которая в настоящее время вернулась к уровню 1980-х гг. Все это свидетельствует о наметившейся тенденции к похолоданию климата, что подтверждается результатами некоторых исследований в других частях нашей планеты.

Ключевые слова: Шпицберген, ледники, изменение климата, высота границы питания, баланс массы ледников.

ВВЕДЕНИЕ

Ледники чутко реагируют на изменения климата, потому что они сами порождены климатическими причинами. Из-за инертности ледников их реакция на все климатические события, происходящие в пределах их контуров, отвечает в значительной степени осредненным внешним воздействиям. Из этого следует, что изучение динамики конкретного ледника позволяет вычлнить осредненные тенденции изменения климата на той территории, где располагается ледник. Изучая ледники некоторой территории, можно получить данные о тенденциях изменения климата конкретного региона.

Ледники широко распространены на архипелаге Шпицберген, занимая около 60 % территории островов [Оледенение Шпицбергена, 1975]. Находясь в непосредственной близости от российского поселка Баренцбург, ледники в его окрестностях дают прекрасную возможность изучения долгосрочных изменений климата. Исследования на этих ледниках начали проводиться с 1965 г., когда советские гляциологи приступили к изучению ледников Шпицбергена [Оледенение Шпицбергена, 1975]. Исследования ААНИИ ледников Шпицбергена начались с 2001 г. и продолжаются до

настоящего времени. С 2003 г. на некоторых ледниках в окрестностях Баренцбурга проводились масс-балансовые исследования. О реакции этих ледников на изменение климата и пойдет речь в данной статье.

МЕТОДИКА

Для оценки реакции на изменения ледников, расположенных в окрестностях поселка Баренцбург, использовались данные масс-балансовых наблюдений, проводившихся на них в течение 1965–1989 гг. и в 2003–2011 гг., которые осуществлялись по стандартной методике, включавшей снегомерные съемки в период максимума снегонакопления, как правило в мае, и измерения по абляционным рейкам в течение летнего сезона. Эти данные позволили оценить динамику изменения ледников, а также оценить изменения высоты снеговой линии во времени. Для характеристики изменений климата использовались данные метеостанции Баренцбург. Кроме того, для оценки изменения ледников во времени были использованы топографические карты 1936 г., аэрофотоснимки НПИ 1990 г. и полевые измерения планового и высотного положения языков и точек на ледниках, выполненные при помощи GPS Garmin-12XL. В некоторых случаях проводились прямые измерения положения языков ледников.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее исследование проведено на основе анализа данных, полученных для ледников Вёринг, Альдегонда, Линне, Западный Грэнфьорд, Тунге и Тавле (рис. 1).



Рис. 1. Положение исследованных ледников в пределах Земли Норденшельда:

a – море, *б* – ледники, *в* – реки и озера, *г* – горные хребты и отдельные высотные привязки, *д* – моренные комплексы, *е* – исследованные ледники и их номера: 1 – Вёринг, 2 – Альдегонда, 3 – Линне, 4 – Западный Грэнфьорд, 5 – Восточный Грэнфьорд, 6 – Тунге, 7 – Тавле (границы ледников даны по состоянию на 1936 г.).

На леднике Вёринг наблюдения проводились с 1965 по 1989 г. и с 2005 по 2011 г. Ледник Альдегонда в настоящее время является базовым ледником для проведения масс-балансовых наблюдений (2003–2011 гг.), ранее наблюдения на леднике проводились лишь эпизодически. На леднике Линне наблюдения проводились с 2003 по 2005 г., на леднике Западный Грёнфьорд – с 1965 по 1989 г. и с 2004 по 2010 г., на леднике Восточный Грёнфьорд – с 2003 по 2010 г. Ледник Тунге посещался лишь эпизодически. На леднике Тавле масс-балансовые исследования проводились с 2008 по 2010 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрим на примере конкретных ледников полученные результаты, которые были частично опубликованы ранее [Мавлюдов, 2004, 2006].

Ледник Вёринг

Ледник расположен на западном берегу Грён-фьорда близ озера Стемме, которое он снабжает водой и которое обеспечивает водой поселок Баренцбург. По существу, это небольшой каровый ледник. Его длина около 1,4 км, ширина около 0,7 км. Измерения показали, что отступление языка с 1936 г. составило около 900 м (или около 13 м/год), понижение поверхности в пределах современного поля льда оказалось равным 35–70 м (или 0,5–1,0 м/год). За этот период площадь поверхности ледника сократилась примерно втрое. С 2005 по 2010 г. понижение поверхности ледника на высоте 184 м составило 8,8 м (или 1,46 м/год), а на высоте 313 м – 5 м (или 0,84 м/год).

Ледник Альдегонда

Ледник расположен на западном берегу Грён-фьорда в пределах Земли Норденшельда, в 7 км к юго-западу от поселка Баренцбург. Он ориентирован с запада на восток, имеет длину немногим больше 3 км и ширину в самой широкой части до 2 км. По данным радио-эхозондирования, максимальная толщина льда составляет 216 м [Василенко и др., 2001]. Альдегонда – это горно-долинный политермальный ледник. За последние несколько десятилетий ледник сильно деградировал. К настоящему времени язык ледника отступил на расстояние около 2 км от берега моря, тогда как в начале XX века он спускался в воды фьорда. Сейчас нижняя точка языка ледника расположена на высоте около 100 м, а верхняя – на высоте около 600 м над уровнем моря. Сравнение топографической карты 1936 г. и наших данных по съемке поверхности ледника в 2002 г. позволило оценить величины изменения ледника за этот период. Оказалось, что за 67 лет площадь ледника сократилась с 9,1 до 7 км², что соответствует уменьшению площади ледника со скоростью около 31,3 тысяч м²/год. Язык ледника за этот период отодвинулся от своего положения приблизительно на 2 км (или 30 м/год). За указанный период поверхность льда сильно понизилась. Наибольшее значение уменьшения толщины льда было отмечено для центральной части языка ледника, которое составило около 130 м (от 85 до 160 м или 1,25–2,5 м/год; среднее – около 2 м/год). Поверхность ледника за 67 лет понизилась примерно на 64 м (или 1 м/год). Средний баланс массы ледника составил 86 см вэ (водный эквивалент). Исследования, проведенные в 2001–2011 гг., показали, что в левой части ледника его язык отступил приблизительно на 175 м, что соответствует скорости отступления льда около 20 м/год. При этом только за лето 2003 г. отдельные участки языка ледника отступили до 70 м. Снижение скорости отступления связано, видимо, с повышением абсолютной высоты языка ледника во времени. С 2004 г. отмечено понижение поверхности: на высоте 179 м – на 13,5 м (или 2,25 м/год), на высоте 432 м – 4,1 м (или 0,7 м/год), в среднем по леднику – около 1,5 м/год. В течение 2001–2010 гг.

практически на всей поверхности ледника отмечалось таяние льда, что говорит о том, что в настоящее время вся поверхность ледника расположена ниже высоты границы питания (исключение – некоторые участки склона на орографически правом борту ледника). Это свидетельствует о деградации ледника.

Ледник Линне

Ледник расположен к западу от ледника Альдегонда, в верховьях долины Линне. Длина ледника около 3 км, ширина – до 1 км. Язык расположен на высоте 125 м, верхняя точка – на высоте около 400 м. Согласно нашим измерениям, язык ледника Линне с 1936 г. отступил не менее чем на 600 м (что соответствует скорости отступления около 9 м/год). Если в 1936 г. ледники Линне и Альдегонда имели общий ледораздел, то теперь они далеко разошлись друг от друга. Поверхность ледника за этот период понизилась в районе нынешнего языка на 75 м (или 1,1 м/год), в 500 м к северу от современного языка – на 95 м (или 1,4 м/год), а в восточной части языка ледника на 110 м (или 1,6 м/год). На современной отметке в 200 м отмечено понижение поверхности на 80 м (или 1,2 м/год), а на высоте 300 м – примерно на 40 м (или 0,6 м/год). Максимальная средняя скорость понижения поверхности ледника составляла около 1,0 м/год. Наши наблюдения на леднике в 2003 и 2004 гг. показали, что среднее понижение поверхности ледника составляло около 1,6 м/год, при этом вся поверхность ледника оказалась ниже высоты границы питания. Понижение поверхности ледника с 2005 по 2008 г. в среднем составило от 0,34 до 1,17 м вэ (среднее 0,8 м вэ) [Coleman, 2010].

Ледник Западный Грэнфьорд

Ледник расположен в южной части Грэн-фьорда, к западу от ледника Восточный Грэнфьорд. Длина ледника до 9 км, ширина до 7 км. Нижняя точка расположена на высоте 6 м над уровнем моря, верхняя – 749 м. Ледник в самой северной части отступил с 1936 г. на 800 м (что соответствует примерно 12 м/год), здесь уровень льда понизился на 57 м (или 0,85 м/год); на протяжении левой части языка ледника понижение поверхности изменялось до 65 м (или 1 м/год) с редкими увеличениями значений до 110 м (1,6 м/год). В средней части ледника понижение поверхности менялось от 20 до 50 м (или от 0,3 до 0,75 м/год). Язык ледника отступил с 1936 по 2003 г. на 2,3–2,5 км (что равнозначно отступанию со скоростью 34–37 м/год). В районе языка ледника понижение поверхности за 67 лет составило 140 м (или 2,1 м/год). Наши наблюдения на леднике с 2003 г. показали, что произошло практически полное отделение левой присклоновой части от основного ледника. Понижение поверхности на высоте 50 м составило 18,5 м (или 3,1 м/год), а на высоте 300 м – 7,4 м (или 1,2 м/год). При этом отмечено, что выше 400 м над уровнем моря в последние годы на леднике происходит накопление массы снега.

Ледник Восточный Грэнфьорд

Ледник расположен в южной части Грэн-фьорда. Длина ледника около 7 км, ширина до 2,2 км. Язык расположен на высоте 30 м, а верхняя точка на высоте 749 м. У левого борта в районе перевала к соседнему леднику Западный Грэнфьорд понижение поверхности составило 90 м (или 1,3 м/год). Понижение поверхности срединной морены между ледниками Западный и Восточный Грэнфьорд в районе языка оказалось равным 73–85 м (или 1,1–1,25 м/год). На языке ледника было отмечено понижение поверхности на 120 м (или 1,8 м/год). С повышением рельефа интенсивность понижения поверхности льда изменялось последовательно до 100 м (или 1,5 м/год), 50 м (или 0,75 м/год), 30 м (или 0,45 м/год), а вблизи перевала на 20 м (или 0,3 м/год). Язык ледника с 1936 г. отступил на 1,2 км (или около 18 м/год), поверхность льда в районе

языка понизилась не менее чем на 130 м (около 2 м/год). Наши наблюдения на леднике с 2003 г. показали, что язык ледника отступил больше, чем на леднике Западный Грэнфьорд, но менее значительно, чем на леднике Альдегонда. Понижение поверхности ледника на высоте 30 м за 5 лет составило более 19,2 м (или более 3,8 м/год), а на высоте 300 м за 6 лет – 5,4 м (или 0,9 м/год). Выше 350 м над уровнем моря на леднике в последние годы происходит незначительное накопление массы снега.

Ледник Тавле

Ледник расположен в верховьях долины Грёндален. Длина ледника 6 км, ширина около 2 км. Самая низкая точка 200 м, самая высокая 700 м. В верховьях ледника отмечено понижение поверхности на 40 м (или 0,6 м/год), в средней части ледника произошло понижение поверхности на 70–80 м (или 1,0–1,2 м/год). С 1936 г. язык ледника на северо-западе отступил на 300 м, понизился на 100 м (или 1,5 м/год); в районе водораздела рек Грэн и Семмьмелда край льда отступил на 200 м (или на 3 м/год), уровень льда практически не изменился. В северной части язык отступил на 400 м (или на 6 м/год), высота поверхности льда практически не изменилась. Наши наблюдения на леднике с 2003 г. показали, что язык ледника отступил незначительно. Понижение поверхности на высоте 228 м в 2009–2011 гг. составило более 4 м (или 2 м/год), а на высоте 364 м – 2,15 м (или 1,07 м/год). Выше 490 м над уровнем моря последние годы на леднике происходит некоторое накопление массы снега.

Ледник Тунге

Ледник расположен в верховьях на левом борту долины Грёндален, к западу от ледника Тавле. Их верховья разделены общим водоразделом. Длина ледника 3,7 км, ширина от 800 м. Сама низкая точка расположена на высоте около 200 м, самая высокая – 800 м. Язык с 1936 г. отступил на 900 м (около 13 м/год), понижение поверхности на языке достигало 110–120 м (или 1,6–1,8 м/год), далее по леднику понижение поверхности составило 60 м (или около 0,9 м/год).

ОБСУЖДЕНИЕ

Как было показано выше, в период с 1936 по 2011 г. все изученные ледники Земли Норденшельда находились в стадии деградации. На всех обследованных ледниках наблюдалось отступление языков и понижение поверхности льда. Кроме того, в последние годы некоторая часть ледников оказалась ниже высоты границы питания, т.е. область абляции распространялась на всю их территорию. Такие ледники являются неустойчивыми [Паттерсон, 1984]. Расчеты по восстановлению величин зимнего, летнего и годового баланса, выполненные для ледника Альдегонда по климатическим данным метеостанции Баренцбург [Solovyanova, Mavlyudov, 2003], показали, что на протяжении всего периода исследований (с 1911 г.) ледник Альдегонда имел отрицательный баланс массы льда. В течение 2001–2011 гг. также не было лет с положительным балансом массы этого ледника.

Сводные данные по изменению ледников Земли Норденшельда вынесены в табл. 1.

Из таблицы видно, что средние потери льда с 1936 по 2003 г. на всех ледниках составили от 60 до 74 м льда, а баланс массы льда колебался от 63 до 99 см вэ. Наблюдения на леднике Вёринг показали, что баланс массы льда на нем в 1966–1980 г. колебался от –13 до –117 см вэ. (среднее –70 см вэ.) [Гляциология Шпицбергена, 1985]. С 2003 по 2010 г. ситуация в целом не изменилась. Основываясь на этих данных, можно было бы оценить за какое время большая часть исследованных ледников исчезнет,

Таблица 1

Понижение поверхности и баланс массы некоторых ледников Шпицбергена [Мавлюдов, 2004]

Ледник	Интервал высот, м над уровнем моря	Ориентация	Площадь ледника, км ² *	Отступление языка, м	Потери слоя льда, м	Средние потери льда, м	Потери объема, км ³	Средний баланс, г/см ²
Вёринг	120–360	СВ	3,2/1	900	50–100	75	0,24	–68
Альдегонда	80–650	ВСВ	10/7	2000	40–130	64	0,64	–86
Грёнфьорд Западный	6–749	ВСВ	39/19,5	2500	10–140	47	1,83	–63
Грёнфьорд Восточный	30–749	С	11,2/10,1	1200	10–130	74	0,83	–99
Линне	125–400	С	4,0/2,7	600	40–110	60	0,24	–81
Тавле	200–775	СВ	12/11,2	300	40–100	70	0,84	–94
Тунге	280–650	С	3/2,5	900	30–120	60	0,18	–81

Примечание: * – в числителе площадь ледника в 1936 г., в знаменателе – в 2002–2003 гг.

как это было сделано для ледников на юге острова Западный Шпицберген [Pälli et al., 2003]. Однако в течение периода наших исследований ситуация на ледниках не была однородной. С 2003 г. наметились некоторые изменения в особенностях таяния снега и льда на ледниках. Рассмотрим эти особенности подробнее.

Сравнение ситуации на ледниках в настоящее время показало, что средние скорости понижения поверхности льда на них существенно возросли, достигнув в 2004–2011 гг. на ледниках: Альдегонда – 1,08 м в/год, Западный Грёнфьорд – 0,8 м в/год, Вёринг – 1,25 м в/год, Восточный Грёнфьорд – 1,35 м в/год, т.е. интенсивность таяния льда на всех ледниках в течение последнего десятилетия возросла практически вдвое по сравнению со средними величинами за предыдущие 67 лет.

В то же время, если мы рассмотрим характер таяния льда в конкретных точках исследуемых ледников, то увидим следующее. В нижней части ледника Альдегонда у R11 (высота 179 м над уровнем моря) в 2004 г. стаяло 222 см льда, а в 2010 г. – 158 см, т.е. наблюдалось некоторое замедление таяния льда во времени (уменьшение примерно на 29 % за 7 лет). В верхней части ледника у R13 (высота 432 м над уровнем моря) в 2004 г. стаял 121 см льда, а в 2010 г. – 28 см (уменьшение примерно на 77 % за 7 лет). Аналогичная картина наблюдалась и на других ледниках (табл. 2). Из этого следует, что пик таяния льда на ледниках Земли Норденшельда приходился примерно на 2002–2003 гг.

Таким образом, за период наблюдений на ледниках наблюдалось: 1) уменьшение интенсивности таяния льда во всех высотных зонах ледников; при этом сокращение таяния в большей степени затронуло верхнюю зону ледников; 2) увеличение высотного градиента таяния, например, на леднике Альдегонда произошел рост градиента с 11 см на 100 м высоты в 2003 г. до 60 см на 100 м высоты в 2010 г.

Таким образом, можно сделать вывод, что в течение последних семи-восьми лет таяние в нижней части ледников Земли Норденшельда изменилось незначительно, а в верхней части ледников произошло заметное сокращение таяния льда. Это означает, что в первом десятилетии XXI века наметилась тенденция к некоторому похолода-

Таблица 2

Изменение таяния льда на разных высотах на ледниках Земли Норденшельда

Ледник	Интервал высот, м над уровнем моря	Ориентация	Площадь ледника, км ² *	Отступление языка, м	Потери слоя льда, м	Средние потери льда, м	Потери объема, км ³	Средний баланс, г/см ²
Вёринг	120–360	СВ	3,2/1	900	50–100	75	0,24	–68
Альдегонда	80–650	BCB	10/7	2000	40–130	64	0,64	–86
Грэнфьорд Западный	6–749	BCB	39/19,5	2500	10–140	47	1,83	–63
Грэнфьорд Восточный	30–749	С	11,2/10,1	1200	10–130	74	0,83	–99
Линне	125–400	С	4,0/2,7	600	40–110	60	0,24	–81
Тавле	200–775	СВ	12/11,2	300	40–100	70	0,84	–94
Тунге	280–650	С	3/2,5	900	30–120	60	0,18	–81

Примечание: * – измерения не охватывали весь сезон абляции.

нию климата, которая остается пока малозаметной в нижней части ледников (и на метеостанции Баренцбург), в то время как в верхней части ледников она проявляется очень отчетливо. Одной из причин этого явления могло быть то, что в начале 2000-х гг. происходила смена циркуляции воздушных потоков в этой части Арктики, из-за чего высотные градиенты изменения температуры в атмосфере стали более резкими. Естественно, это не могло не сказаться на других показателях ледников, таких как баланс массы льда и высота их границы питания.

Анализ данных по изменению баланса массы ледников региона во времени показывает, что по крайней мере с 2004 г. отмечается постепенный рост его значений, что свидетельствует о постепенном сокращении интенсивности таяния ледников (рис. 2).

Если мы рассмотрим данные по изменению высоты границы питания ледников Земли Норденшельда в первом десятилетии XXI века (рис. 3), то увидим, что она понизилась с высоты >700 м (расчетные 1500–1800 м над уровнем моря) в 2003 г. до примерно 400 м в 2011 г.

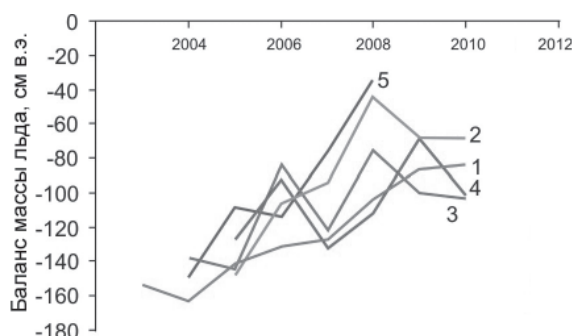


Рис. 2. Изменение баланса массы льда ледников Земли Норденшельда во времени:

1 – Альдегонда, 2 – Западный Грэнфьорд, 3 – Восточный Грэнфьорд, 4 – Вёринг, 5 – Линне [D'Aleo, Easterbrook, 2010].

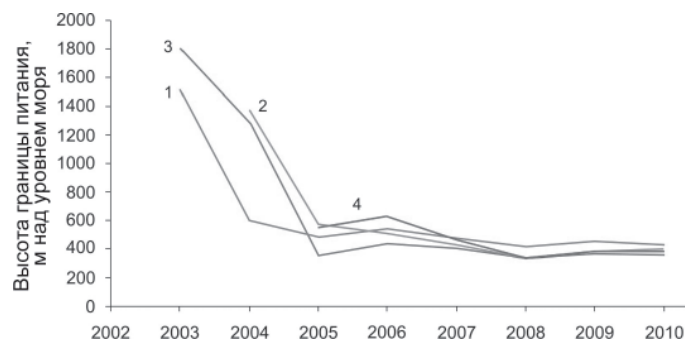


Рис. 3. Изменение высоты границы питания ледников в окрестностях Баренцбурга во времени: 1 – Альдегонда, 2 – Западный Грэнфьорд, 3 – Восточный Грэнфьорд, 4 – Вёринг.

Такое понижение высоты границы питания равнозначно понижению температуры воздуха на этих высотах на более чем $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при стандартном высотном градиенте температуры воздуха, равном $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 м высоты). Однако если мы рассмотрим данные метеостанции Баренцбург, то по ним не увидим столь заметного похолодания. Действительно, если средняя летняя температура воздуха (VI–VIII) в 2004 г. составляла $5,03\text{ }^{\circ}\text{C}$, то в 2010 г. – $4,36\text{ }^{\circ}\text{C}$, то есть температура понизилась всего на $0,67\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 4). В целом, основываясь только на рис. 4, нельзя выявить какой-либо тенденции изменения климата, а скорее можно говорить о его относительной стабильности в течение последнего десятилетия.

Из рис. 5 видно, что четко выделяются два максимума: в начале тридцатых годов XX века и в начале десятых годов XXI века. Последний максимум кривой, возможно, соответствует началу следующего этапа изменения климата – его похолодания. А поскольку современный период сопровождается изменениями в высоте границы питания ледников, которая является комплексным климатическим показателем, то о начавшемся похолодании климата можно говорить более уверенно.

Замеры высоты границы питания ледников Шпицбергена проводились в 1960–1980 гг. [Зингер, Михайлев, 1967; Корякин, 1988; Hagen et al., 1993]. В те годы высота границы питания ледников в окрестностях Баренцбурга составляла $300\text{--}400\text{ м}$ над уровнем моря. Потепление климата привело к тому, что в последующие годы высота границы питания ледников существенно поднялась, достигнув высоты более 700 м в начале XXI века.

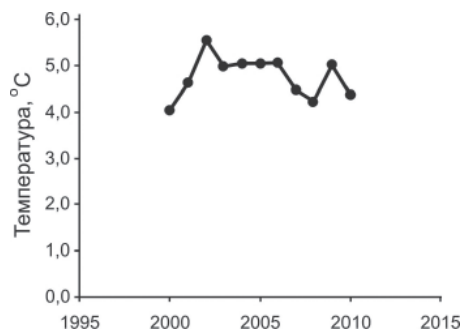


Рис. 4. Изменение средней летней температуры (VI–VIII) воздуха на станции Баренцбург во времени.

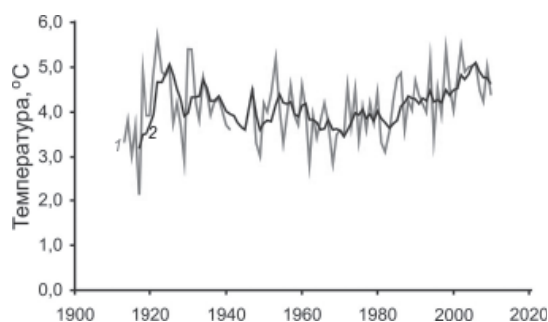


Рис. 5. Изменение средней летней температуры (июль – август) воздуха на метеостанции Баренцбург с 1913 по 2010 г.:

1 – измеренные значения, 2 – сглаживание по пятилетним интервалам.

Анализ имеющихся климатических данных за XX век показал, что в настоящее время наметилась тенденция к похолоданию океанов в Северном полушарии, что в наибольшей степени затрагивает и северную часть Атлантического океана [Бышев и др., 2005]. Похолодание, естественно, коснулось и архипелага Шпицберген. Наблюдения на метеостанции Баренцбург и наши наблюдения за балансом массы ледников на западе острова Западный Шпицберген [Соловьянова, Мавлюдов, 2007], а также за динамикой высоты границы питания ледников, выявляют некоторую тенденцию к наметившемуся похолоданию климата. Аналогичная ситуация с понижением высоты границы питания в последние годы была обнаружена нами и на ледниковом куполе Беллинсгаузен на острове Кинг-Джордж (Ватерлоо) в Субантарктике [Мавлюдов, 2011]. Начавшееся похолодание климата также отмечается и в работах [Бышев и др., 2009; Кононова, 2010; Фролов и др., 2010; D'Aleo et al., 2010]. Какова судьба начавшегося похолодания климата и насколько оно будет устойчивым, покажет будущее. Если похолодание климата будет продолжаться, то ледники могут стабилизироваться или даже начать восстанавливаться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ динамики ледников Земли Норденшельда показал, что они довольно чутко реагируют на изменения климата. Было отмечено, что ледники в течение XX века имели отрицательный баланс массы и значительно деградировали. Наиболее интенсивно ледники отступали в течение последних десятилетий. Однако примерно с 2003 г. деградация ледников несколько замедлилась. При этом в нижних частях ледников интенсивность таяния льда практически не изменилась, а в верхних частях ледников таяние льда сократилось вдвое и более. Это явление сопровождается повсеместным понижением высоты границы питания ледников, которая в настоящее время вернулась к уровню 1980-х гг. Все это свидетельствует о наметившейся тенденции к похолоданию климата, что подтверждается результатами исследований в других частях нашей планеты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А. О разнонаправленности изменений глобального климата на материках и океанах // Доклады РАН. 2005. Т. 400. № 1. С. 98–104.
2. Бышев, В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А. Природные факторы глобальной изменчивости современного климата // Известия РАН. Сер. геогр. 2009. № 1. С. 7–13.

3. Василенко Е.В., Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.Я., Наварро Ф.Х., Токарев М.Ю., Калашиников А.Ю., Мирошниченко Д.Е., Резников Д.С. Радиофизические исследования ледника Альдегонда на Шпицбергене в 1999 г. // Материалы гляциологических исследований. 2001. Вып. 90. С. 86–99.
4. Гляциология Шпицбергена / Под ред. В.М.Котлякова. М.: Наука, 1985. 200 с.
5. Зингер Е.М. Михайлев В.И. Аккумуляция снега на ледниках Шпицбергена // Материалы гляциологических исследований. 1967. Вып. 13. С. 86–100.
6. Кононова Н.К. Потепление или колебания климата? // Сборник научных работ XIV съезда Русского географического общества 11–14 декабря 2010 г., г. Санкт-Петербург. Кн. 3. Климат, мировой океан и воды суши. Ч. 1. С. 44–48.
7. Корякин В.С. Ледники Арктики. М.: Наука, 1988. 160 с.
8. Мавлюдов Б.Р. О деградации горно-долинных ледников Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 4. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. С. 207–216.
9. Мавлюдов Б.Р. Состояние оледенения Шпицбергена в конце XX века // Материалы гляциологических исследований. 2006. Вып. 101. С. 146–152.
10. Мавлюдов Б.Р. Таяние снега и льда на куполе Беллинсгаузен, остров Кинг-Джордж (Ватерлоо), Антарктика, в 2007–2011 гг. // Состояние природной среды Антарктики: Квартальный бюллетень. СПб.: РАЭ, 2011. В печати.
11. Оледенение Шпицбергена (Свальбарда). М.: Наука, 1975. 276 с.
12. Патерсон У.С.Б. Физика ледников. М.: Мир, 1984. 472 с.
13. Соловьянова И.Ю., Мавлюдов Б.Р. Балансовые наблюдения на ледниках Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 7. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. С. 202–214.
14. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М. Изменения климата Арктики и Антарктики – результат действия естественных причин // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 2 (85). С. 52–61.
15. Coleman C.F. Meteorological and glacial ablation controls on annual sediment accumulation at Linnévatnet, Svalbard, Norway // 23rd Annual Keck Symposium: Houston, Texas. 2010. P. 286–292.
16. D'Aleo J., Easterbrook D.J. Multidecadal tendencies in ENSO and global temperatures related to multidecadal oscillations // Energy & Environment. 2010. Vol. 21 (5). P. 436–460.
17. Hagen J.O., Liestøl O., Roland E., Jørgensen T. Glacier atlas of Svalbard and Jan Mayen. Norsk Polarinstitut. 1993. Meddelelser Nr. 129. P. 5–41.
18. Solovyanova I.Yu., Mavlyudov B.R. Mass balance observations on some glaciers in 2004/2005 and 2005/2006 balance years, Nordenskiöld Land, Spitsbergen // The Dynamics and Mass Budget of Arctic Glaciers. Extended abstracts. Workshop and GLACIODYN (IPY) meeting, 15–18 January 2007, Pontresina (Switzerland). IASC Working group on Arctic Glaciology. Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht, Utrecht University, The Netherlands. 2007. P. 115–120.
19. Pälli A., Moore J.C., Jania J., Glawacki P. Glacier changes in southern Spitsbergen, Svalbard, 1901–2000 // Annals of Glaciology. 2003. Vol. 37. P. 219–225.

B.R.MAVLYUDOV, L.M.SAVATYUGIN, I.YU.SOLOVYANOVA

REACTION OF NORDENSKIÖLD LAND GLACIERS, SPITSBERGEN, ON CLIMATE CHANGE

Reaction of glaciers reflects average parameters of climate fluctuations. Reaction of glaciers to climate change is considered on the basis of the analysis of the field and meteorological data of previous researches 1965–1989 and our own researches 2001–2010 in the western part of Spitsbergen. For an estimation of glaciers changes in time topographical maps 1936, NPI aerial photographs 1990 and

field measurements on glaciers have been used. The analysis of glaciers dynamics of Nordenskiöld Land has shown that they react enough sensitively to climate changes. It has noted been, that glaciers within 20 centuries had negative mass balance and continuously degraded. Thus most intensively they retreated within last decades. However, approximately from 2003 the situation has somewhat changed and also degradation of glaciers was a little slowed down. Thus in the lower parts of glaciers intensity of ice melting practically has not changed, and in the upper parts of glaciers ice melting was cut by half and more. This phenomenon is accompanied by occurring everywhere downturn of equilibrium line altitude of glaciers which now has returned to a level of 1980th. All this testifies to the outlined tendency to climate cooling that proves by results of some researches in other parts of our planet.

Keywords: Spitsbergen, glaciers, climate change, equilibrium line altitude, glaciers mass balance.