

УДК 551.324

Изменение размеров ледников Кроноцкого полуострова и массива Алней-Чашаконджа на Камчатке во второй половине XX – начале XXI в.

© 2014 г. А.Я. Муравьев

Институт географии РАН, Москва
anton-yar@rambler.ru

Glacier size changes in Kronotsky Peninsula and Alney-Chashakondzha Massif, Kamchatka Peninsula in the second half of XX century and the beginning of XXI century

А.Я. Muravyev

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

Статья принята к печати 13 февраля 2014 г.

*Камчатка, Каталог ледников СССР, космическая съёмка, ледники, сокращение ледников.
Glacier recession, glaciers, Kamchatka, space survey, USSR Glacier Inventory.*

Оценено изменение площадей ледников Кроноцкого полуострова и массива Алней-Чашаконджа (Камчатка) с 1950 по 2010–2013 гг. Для исследования использованы спутниковые снимки WorldView2 и Landsat, материалы Каталога ледников СССР и аэрофотоснимки 1950 г. Согласно полученным результатам, площадь ледников Кроноцкого полуострова сократилась на 22,9% (для ледников площадью больше 0,5 км²), а массива Алней-Чашаконджа – на 19,2%.

Changes in areas of glaciers located on the Kronotsky Peninsula and in the Alney-Chashakondzha volcanic cluster (Kamchatka Peninsula) are analyzed over the period since 1950 till 2013. Pictures from satellites WorldView2 and Landsat of 2010–2013, data from the USSR Glacier Inventory (1950–1955), and aerial photographs of 1950 were used for this study. According to the results, area of glaciers on the Kronotsky Peninsula reduced by 22.9% (for glaciers larger 0.5 km²), while the Alney-Chashakondzha glaciers reduced by 19.2%.

Введение

Оледенение Камчатки существует в условиях морского климата и приурочено главным образом к областям современного и древнего вулканизма. К основным центрам современного оледенения Камчатки относятся Ключевская группа вулканов, Срединный хребет и Кроноцкий полуостров, находящиеся соответственно в районах активных современных вулканов, позднеплейстоценовых потухших вулканов и невулканических гор. Согласно последним исследованиям, на Камчатке известны 448 ледников общей площадью около 905 км² [8]. Более 80% занятой ими территории приходится на Срединный хребет и Ключевскую группу вулканов, что объясняется большой высотой этих горных сооружений. Индекс океаничности, учитывающий годовую амплитуду температуры воздуха и количество осадков за гидрологический год, для отдельных районов Камчатки отличается в 3–3,5 раза [3]. Дополнительный фактор, влияющий на режим ледников, – непосредственная близость к очагам современного вулканизма. Благодаря интенсивности и многообразию внешних факторов, наблюдения за эволюцией ледников Камчатки помогают исследовать происходящие в настоящее время изменения климата.

Изученность ледников, расположенных в названных районах Камчатки, и регулярность на-

блюдений на них неодинакова. Исторически сложилось так, что наиболее изучены ледники Авачинской и Ключевской групп вулканов, находящиеся под непосредственным влиянием активного вулканизма. Гораздо менее изучены ледники Кроноцкого полуострова, на которые современные вулканические процессы практически не влияют. Ещё хуже, по причине труднодоступности, исследованы ледники Срединного хребта. Полевые гляциологические исследования велись только в его северной части (массив Острая-Хувойтун) в 1964 и 1979 гг.

Районы исследований

Данная работа посвящена изучению изменения оледенения двух районов: Кроноцкого полуострова и массива Алней-Чашаконджа (рис. 1). Для исследуемых районов характерны высокая степень океаничности климата и избыточное увлажнение. Весь год южные и юго-восточные циклоны приносят тёплый и влажный морской воздух, пасмурную погоду с резкими потеплениями, вплоть до оттепелей, обильными снегопадами, сильными ветрами и метелями [5]. Оледенение *Кроноцкого полуострова* приурочено к низкогорному Кроноцкому хребту (высшая точка 1246 м). Здесь преобладают относительно крупные перемётно-долинные и карово-долинные ледники, присутствуют также каровые и висячие ледники. Благодаря особен-



Рис. 1. Районы исследований:
1 – Кроноцкий полуостров; 2 – вулканический массив Алней-Чашаконджа
Fig. 1. Location of the regions:
1 – Kronotsky Peninsula; 2 – Alney-Chashakondzha volcanic massif

ностям местного климата, ледникам района присущ чрезвычайно интенсивный массообмен. Максимальные снегозапасы на ледниках составляют 3000–4000 мм в.э. [2]. Граница питания на северном макросклоне проходит на высоте 750 м, на южном – на высоте 860 м. Ввиду экстремально интенсивного массообмена ледники Кроноцкого полуострова должны быть особенно чувствительны к изменениям климата.

Второй район исследований – вулканический массив *Алней-Чашаконджа*, расположенный в центральной части Срединного хребта, – относится к районам четвертичного вулканизма и ориентирован в меридиональном направлении. Для вершинной части массива характерен высокогорный рельеф альпийского облика с отдельными остроконечными вершинами и гребнями, крупными цирками и карами. Абсолютные высоты достигают 2526 м (гора Чашаконджа). По данным Каталога ледников СССР [4], в пределах массива Алней-Чашаконджа преобладают карово-долинные и долинные ледники, хотя отмечаются и каровые ледники, есть один котловинный ледник. Граница питания на западном макросклоне массива проходит на высоте 1460–1940 м, на восточном – на высоте 1430–1870 м. По данным Атласа снежно-ледовых ресурсов мира, величина аккумуляции–абляции на высоте границы питания ледников района превышает 2000 мм в.э. [1]. Отметим, что на массиве Алней-

Чашаконджа полевые гляциологические работы ранее никем не проводились.

Материалы и методы исследований

В настоящей работе использованы: 1) снимок Landsat (2 сентября 2013 г.) с пространственным разрешением 15 м; 2) снимки WorldView2 (20 июля 2010 г. и 1 августа 2012 г.) с пространственным разрешением около 1 м; 3) аэрофотоснимки на август 1950 г.; 4) топографические карты масштаба 1:100 000; 5) данные Каталога ледников СССР; 6) материалы наблюдений на гидрометеостанциях (ГМС) Ключи (сайт ВНИИГМИ-МЦД: www.meteo.ru) и Кроноки с 1950 по 2006 г. Для определения современных границ ледников Кроноцкого полуострова выполнено дешифрирование спутникового снимка Landsat, зарегистрированного при обработке в архиве NASA в проекции WGS 1984 UTM Zone 57N.

Оцифровка границ ледников проведена вручную по синтезированному изображению, созданному из каналов 3, 4 и 5 снимка Landsat, с использованием изображения канала 8 (панхроматический). Границы ледников массива Алней-Чашаконджа оцифровывались по синтезированному изображению спутникового снимка WorldView2 (20 июля 2010 г.), зарегистрированного в проекции WGS 1984 UTM Zone 57N. Поскольку этот снимок не охватывал конечные части ледников № 120, 122 и 126, они (от 200 м у ледника № 126 до

800 м у ледника № 120) были дешифрованы по снимку от 1 августа 2012 г. Отметим, что на перекрывающихся частях этих двух снимков контуры ледников практически совпадают. Это, в совокупности с отсутствием сезонного снежного покрова и сильной заморенностью языков ледников № 120 и 122, позволяет сделать вывод, что положение фронтов указанных ледников в 2010 и 2012 гг. практически совпадает и разницей, ввиду её незначительности, можно пренебречь. Для обработки использовались программные продукты ArcGIS 9.3, GlimsView и ENVI 3.4.

Съёмка на территорию Кроноцкого полуострова выполнялась в конце периода абляции, поэтому погрешность, обусловленная наличием сезонного снежного покрова, минимальна. Однако для данной территории характерно присутствие большого числа многолетних снежников и снежников-перелетков, которые затрудняют процесс дешифрирования. Оценка погрешности, обусловленной их наличием, — вопрос довольно сложный и в данной работе не рассматривается. Ошибки дешифрирования границ ледников, связанные с наличием моренного покрова на их поверхности, приняты равными 1% по аналогии с результатами работ, выполненных ранее на ледниках Алтая [9].

Результаты исследований

Полученные результаты дешифрирования границ ледников использованы для оценки изменений, которые произошли с ледниками данных районов исследований с 1950 по 2010–2013 гг. В качестве основного массива исходной информации взяты данные Каталога ледников СССР. Однако он создавался на основе массива неоднородных данных (топокарты, нетрансформированные аэрофотоснимки и наземные наблюдения на ледниках), поэтому здесь необходима оценка заложенной в них погрешности. Для массива Алней-Чашаконджа, к сожалению, аэрофотоснимки не были найдены, а на территорию Кроноцкого полуострова удалось подобрать серию аэрофотоснимков. Однако остатки сезонного снежного покрова (район отличается экстремальной снежностью) препятствовали привязке снимков и качественному дешифрированию границ ледников. Данные Каталога проверены для ледников Корыто (№ 206) и Левый Тюшевский (№ 232). Для этого проведено трансформирование фрагментов аэрофотоснимков, содержащих изображения языков ледников. При сравнении полученных результатов с данными Каталога установлено, что расхождение в пло-

Таблица 1. Изменение площади ледников Кроноцкого полуострова в зависимости от их размеров в 1950 по 2013 г.

Размер ледников, км ²	Площадь ледников, км ²		Изменение площади ледников с 1950 по 2013 г., км ² /%
	по Каталогу	в 2013 г.	
Более 5	34,7	28,10	-6,6/-19,0
2–5	31,0	23,91	-7,09/-22,9
1–2	11,8	8,13	-3,67/-31,1
0,5–1	4,6	3,12	-1,48/-32,2
<i>Итого</i>	82,1	63,26	-18,84/-22,9
Менее 0,5	7,0	1,63	-5,37/-76,7
<i>Всего</i>	89,10	64,89	-24,21/-27,2

щадях для ледника Корыто составляет 3%, а для ледника Левый Тюшевский — 3,9%. Эти цифры сопоставимы с аналогичными оценками, выполненными для Каталогов ледников Алтая, Тянь-Шаня и Камчатки, где ошибки не превышали 5% [6, 7].

По данным Каталога ледников СССР, на Кроноцком полуострове было 32 ледника общей площадью 91,9 км². К 2013 г. распалось шесть ледников. При дешифрировании снимка Landsat на территорию Кроноцкого полуострова обнаружено 50 ледников. Из них 23 ледника соответствуют ледникам, отмеченным в Каталоге и сохранившим свою целостность; 13 — сегменты шести распавшихся ледников; 14 — ледники, обнаруженные на спутниковых снимках, но не отмеченные в Каталоге. Три ледника, представленных в Каталоге, не установлены на снимке Landsat. Отметим, что ледники, обнаруженные на спутниковом снимке Landsat (2 сентября 2013 г.), но не идентифицированные по Каталогу ледников СССР (14 ледников), имеют незначительные размеры. Так, площадь 13 ледников этой группы составляет менее 0,5 км² и только один ледник имеет площадь в пределах 0,5–1 км². Общая площадь, занимаемая этими ледниками в 2013 г., равна соответственно 2,99 и 0,61 км² (всего 3,6 км²).

Чтобы оценить, как изменилась площадь ледников Кроноцкого полуострова с 1950 по 2013 г., проведено сравнение данных Каталога с результатами дешифрирования снимка Landsat. Выборка ограничивалась ледниками, представленными в Каталоге. Для анализа ледники разбивались на пять групп в зависимости от их размера в 2013 г. (км²): более 5; 2–5; 1–2; 0,5–1; менее 0,5. Для каждой группы определялось изменение площади в км² и процентах. Как видно из табл. 1, уменьшилась площадь ледников всех

Таблица 2. Изменение площади ледников Кроноцкого полуострова в зависимости от их экспозиции с 1950 по 2013 г.

Экспозиция ледников	Площадь ледников, км ² , 1950 г./2013 г.	Изменение площади ледников с 1950 по 2013 г., км ² /%	Число ледников по Каталогу	Средняя площадь ледников в 2013 г., км ²
Северная	10,5/7,76	-2,74/-26,1	2	3,88
Северо-восточная	4,5/0,93	-3,57/-79,3	3	0,31
Восточная	1,1/1,18	0,08/7,3	1	1,18
Юго-восточная	14,2/8,77	-5,43/-38,2	3	2,92
Южная	8,9/7,02	-1,88/-21,1	3	2,34
Юго-западная	16,6/11,32	-5,28/-31,8	5	2,26
Западная	10,2/9,86	-0,34/-3,3	4	2,47
Северо-западная	23,1/18,05	-5,05/-21,9	8	2,26
<i>Всего</i>	89,1/64,89	-24,21/-27,2	29	2,24

групп. Крупные ледники (19% для группы ледников площадью более 5 км²) сократились меньше всего. С уменьшением размеров ледников анализируемой выборки их сокращение увеличивается (в процентах). Максимально (76,7%) сократились ледники, имеющие площадь менее 0,5 км². Однако для этой группы характерны наибольшие погрешности и данных Каталога, и данных дешифрирования на пределе разрешающей способности космических снимков Landsat.

Анализ сокращения площади ледников в зависимости от их экспозиции (табл. 2) показал, что более всего сократилась площадь ледников, ориентированных на северо- и юго-восток, а также на юго-запад – соответственно 79,3, 38,2 и 31,8%. Заметим, что средняя площадь ледников северо-восточной экспозиции (0,31 км²) мала относительно других групп и представлена ледниками площадью менее 0,5 км², для которых характерны наибольшие погрешности измерений. В целом оледенение Кроноцкого полуострова с 1950 по 2013 г. сократилось на 27,2%. Если исключить из рассмотрения группу ледников площадью менее 0,5 км², для которой характерны наибольшие погрешности данных Каталога и материалов дешифрирования космических снимков Landsat, то мы получим величину сокращения 22,9%. Вероятно, эта цифра точнее характеризует реакцию ледников района на современные изменения климата.

По данным Каталога ледников СССР, в районе массива *Алней-Чашаконджа* было 26 ледников общей площадью 61,4 км². Из них к 2010 г. распались четыре ледника. При дешифрировании снимка WorldView2 (20 июля 2010 г.) на территорию массива Алней-Чашаконджа обнаружено 45 ледников: 20 соответствуют ледникам Каталога и сохранили свою целостность; 9 – сегменты четырёх распав-

шихся ледников; 16 – ледники, которые обнаружены на спутниковых снимках, но отсутствуют в Каталоге. Два ледника, приведённые в Каталоге, не обнаружены на снимке WorldView2. Отметим, что ледники, установленные на спутниковом снимке, но не отмеченные в Каталоге, имеют небольшие размеры. Так, из 16 ледников, обнаруженных на снимке WorldView2 (20 июля 2010 г.), но не идентифицированных по Каталогу ледников СССР, шесть имеют площадь 0,1–0,5 км², а десять – менее 0,1 км². Общая площадь первых шести ледников равна 1,2 км², а десяти самых маленьких – 0,42 км² (общая площадь всех 16 ледников – 1,62 км²). Статистика по ледникам такого размера в Каталоге на территорию Камчатки отсутствует.

Оценка изменения площади ледников массива Алней-Чашаконджа с 1950 по 2010 г. проведена путём сравнения данных Каталога ледников СССР с результатами дешифрирования космического снимка WorldView2 (рис. 2). Выборка ограничивалась ледниками, представленными в Каталоге. Как и для Кроноцкого полуострова, ледники разбивались на пять групп в зависимости от их размера в 2010 г. (км²): более 5; 2–5; 1–2; 0,5–1; менее 0,5 (табл. 3). Все группы ледников района сократили свою площадь. Наименьшее сокращение характерно для ледников площадью 0,5–1 км² (4,5%) и 1–2 км² (8,9%). Максимально (51,0%) сократились ледники площадью менее 0,5 км², так как для этой группы характерны и наибольшие погрешности данных Каталога (погрешностью дешифрирования снимков WorldView2 субметрового разрешения можно пренебречь).

Анализ сокращения площади ледников в зависимости от их экспозиции (табл. 4) показал, что сильнее всего сократилась площадь ледников, ориентированных на северо-восток и северо-запад

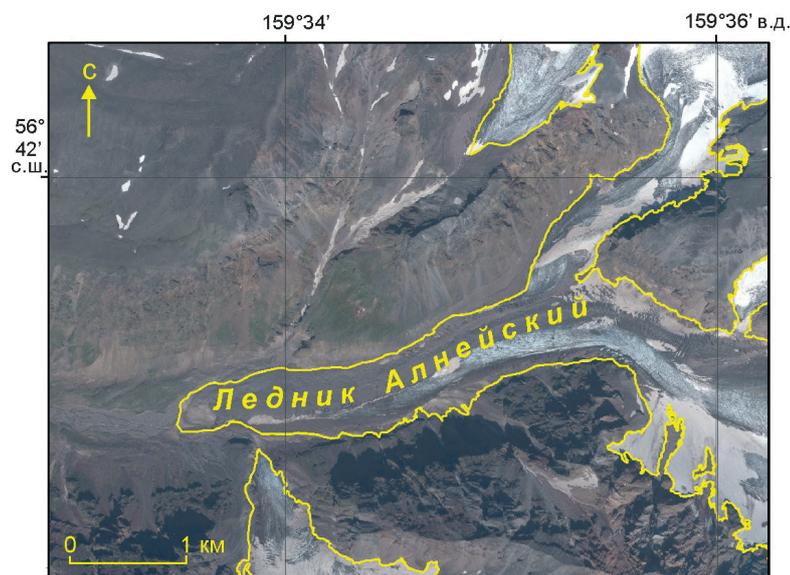


Рис. 2. Ледник Алнейский на снимке World-View-2 (20 июля 2010 г.)

Fig. 2. Alneisky Glacier on the World-View-2 image (20.07.2010)

(на 35,8 и 31,9% соответственно). Ледники юго-западной и восточной экспозиций, напротив, увеличили свою площадь (на 9,9 и 2,8% соответственно). Такой результат получен вследствие увеличения

площади ледников № 306 и 120, большая часть областей абляции которых перекрыта поверхностной мореной. В целом оледенение массива Алней-Чашаконджа с 1950 по 2010 г. сократилось на 19,2%.

Таблица 3. Изменение площади ледников массива Алней-Чашаконджа в зависимости от их размеров с 1950 по 2010 г.

Размер ледников, км ²	Площадь ледников, км ²		Изменение площади ледников с 1950 по 2010 г., км ² /%
	по Каталогу	в 2010 г.	
Более 5	13,10	9,62	-3,48/-26,6
2–5	31,60	26,17	-5,43/-17,2
1–2	9,40	8,56	-0,84/-8,9
0,5–1	3,00	2,86	-0,14/-4,5
<i>Итого</i>	57,10	47,21	-9,89/-17,3
0,1–0,5	3,40	1,67	-1,73/-51,0
<i>Всего</i>	60,50	48,88	-11,62/-19,2

Для анализа климатических изменений были проанализированы данные наблюдений ГМС Ключи и Кроноки с 1950 по 2006 г. ГМС Ключи – ближайшая метеостанция к массиву Алней-Чашаконджа, а ГМС Кроноки – к узлу оледенения Кроноцкого полуострова. Изучены средние летние (с июня по август) температуры приземного воздуха для ГМС Ключи за 1950–2006 гг., а для ГМС Кроноки – за 1950–2001 гг. и суммы твёрдых осадков с октября по май (период аккумуляции на ледниках района) для ГМС Ключи за 1966–2006 гг., а для ГМС Кроноки за 1966–1997 гг. Летние температуры воздуха в 1989–2006 гг. по сравнению с 1951–1980 гг. на ГМС Ключи в среднем повысились на 1 °С (рис. 3). На ГМС Кроноки рост летней

Таблица 4. Изменение площади ледников массива Алней-Чашаконджа в зависимости от их экспозиции с 1950 по 2010 г.

Экспозиция ледников	Площадь ледников, км ² , 1950 г./2010 г.	Изменение площади ледников с 1950 по 2010 г., км ² /%	Число ледников по Каталогу	Средняя площадь ледников в 2010 г., км ²
Северная	6,0/4,85	-1,15/-19,2	5	0,97
Северо-восточная	12,2/7,83	-4,37/-35,8	3	2,61
Восточная	8,8/9,05	0,25/2,8	3	3,02
Юго-восточная	3,6/3,41	-0,19/-5,2	2	1,71
Южная	2,7/1,98	-0,72/-26,6	4	0,50
Юго-западная	5,4/5,93	0,53/9,9	2	2,97
Западная	18,2/13,38	-4,82/-26,5	2	6,69
Северо-западная	3,6/2,45	-1,15/-31,9	3	0,82
<i>Всего</i>	60,5/48,88	-11,62/-19,2	24	2,04

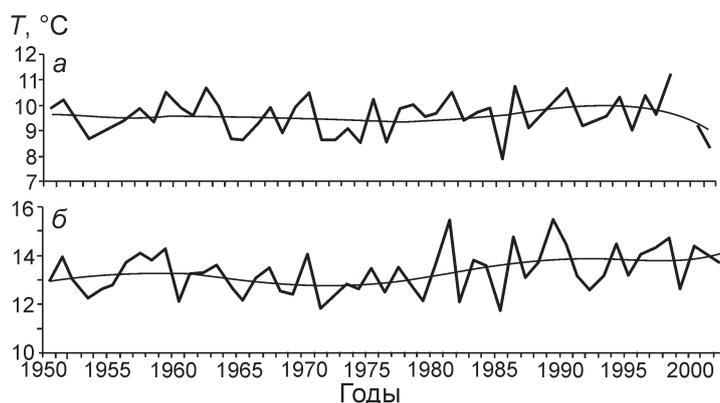


Рис. 3. Многолетний ход средней летней температуры воздуха на ГМС Кроноки (а) и Ключи (б)

Fig. 3. Interannual range of the mean summer temperature at the meteorological stations Kronoki (a) and Klyuchi (b)

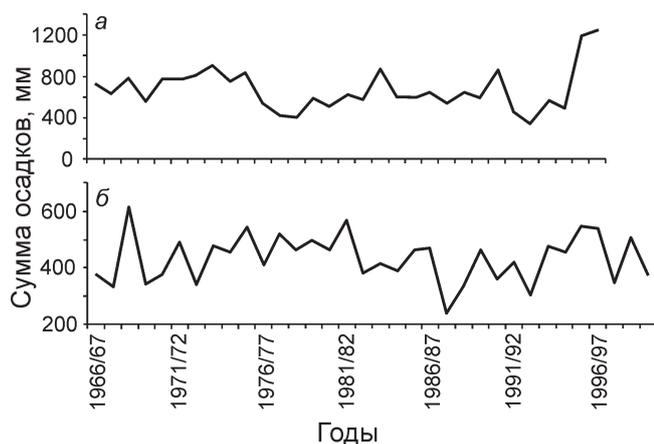


Рис. 4. Многолетний ход сумм твёрдых осадков с октября по май на ГМС Кроноки (а) и Ключи (б)

Fig. 4. Interannual range of the precipitation sum from October to May at the meteorological stations Kronoki (a) and Klyuchi (b)

температуры воздуха за 1989–2001 гг. по сравнению с 1951–1980 гг. составил 0,3 °С. Сумма твёрдых осадков на ГМС Ключи в 1989–2006 гг. по сравнению с 1966–1980 гг. в среднем сократилась на 3,5% (рис. 4). На ГМС Кроноки сокращение сумм твёрдых осадков за 1989–1997 гг. по сравнению с 1966–1980 гг. составило 32%. Таким образом, сокращение площадей ледников в районе исследований соответствует изменениям основных климатических факторов.

Заключение

Ледники Кроноцкого полуострова и массива Алней-Чашаконджа сокращаются. С 1950 по 2013 г. площадь ледников Кроноцкого полуострова уменьшилась на 18,8 км², или на 22,9% (для ледников площадью более 0,5 км²). Площадь ледников массива Алней-Чашаконджа с 1950 по 2010 г. сократилась на 11,6 км², или на 19,2%, что сопоставимо с аналогичным параметром для ледниковых

систем Алтая, Тянь-Шаня и Кавказа и соответствует изменению основных климатических показателей — повышению летней температуры воздуха и снижению количества твёрдых осадков.

Литература

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М: изд. РАН, 1997. 392 с.
2. Виноградов В.Н., Ходаков В.Г. Баланс льда ледника Корыто в Кроноцком массиве Камчатки // Гляциол. исследования. 1976. № 25. С. 18–26.
3. Глазырин Г.Е., Муравьев Я.Д., Виноградов В.Н. О климатическом фоне оледенения Камчатки // Гляциол. исследования. 1985. № 27. С. 51–66.
4. Каталог ледников СССР: Т. 20. Камчатка. Ч. 2–4 / Под ред. В.Н. Виноградова. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 76 с.
5. Кондратюк В.И. Климат Камчатки. М.: Гидрометеиздат. 1974. 201 с.
6. Курузов С.С. Изменение площади и объёма ледников хр. Терской Ала-Тоо во второй половине XX в. // Лёд и Снег. 2012. № 1 (117) С. 5–15.
7. Муравьев А.Я., Носенко Г.А. Изменения оледенения северной части Срединного хребта на Камчатке во второй половине XX в. // Лёд и Снег. 2013. № 2 (122). С. 5–11.
8. Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху / Под ред. В.М. Котлякова. М.: Наука, 2006. С. 204–210.
9. Shahgedanova M., Nosenko G., Khromova T., Muraveyev A. Glacier shrinkage and climatic change in the Russian Altai from the mid-20th century: An assessment using remote sensing and PRECIS regional climate model // Journ. of Geophys. Research. 2010. V. 115. D16107. doi:10.1029/2009JD012976

Summary

As it is known from recent investigations 448 glaciers are situated on the Kamchatka Peninsula, their total area are about 905 км² [8]. More than 80% of them are glaciers of the Sredinny Range and the Klyuchevskaya group that is explained by large altitudes of them. Glaciers of the Kronotsky Peninsula are less studied since this territory is practically not influenced by present-day volcanic processes. This paper presents results of investigation of changes in glacia-

tions of the Kronotsky Peninsula and the mountain mass Alney-Chashakondzha (Fig. 1). The following materials are used: 1) the Landsat satellite picture of September 2nd, 2013; 2) pictures from satellite World-View-2 of July 20th, 2010, and of August 1st, 2012 with spatial resolution of about 1 m; 3) aerial photographs made in August of 1950; 4) topographic maps of the 1:100 000 scale; 5) data from the USSR Glacier Inventory; 6) results of observations at hydrometeorological stations (HMS) Klyuchi and Kronoki (1950–2006) (www.meteo.ru). According to data from the USSR Glacier Inventory 32 glaciers were situated on the *Kronotsky Peninsula*, their total area 91.9 km². By 2013, six glaciers disintegrated. Deciphering of the Landsat pictures did show 50 glaciers. Among them 23 glaciers are presented in the Inventory and they still hold their wholeness; 13 glaciers are segments of six disintegrated ones; 14 glaciers found in the pictures are not presented in the Inventory. Changes in areas of the Kronotsky Peninsula glaciers for period 1950–2013 in dependence on their sizes and expositions are shown in Tables 1 and 2. According to

the Inventory 26 glaciers were situated in region of the *Alney-Chashakondzha massif*, their total area 61.4 km². By 2010, four of them disintegrated. Deciphering of the World-View-2 picture of July 2010 did show 45 glaciers: 20 glaciers are consistent with the Inventory, and they hold their wholeness; 9 glaciers are segments of four disintegrated ones; 16 glaciers found in the pictures are not presented in the Inventory. Changes in areas of the Alney-Chashakondzha glaciers for period 1950–2013 in dependence on their sizes and expositions are shown in Tables 3 and 4. Glaciers on the Kronotsky Peninsula and the Alney-Chashakondzha massif shrink. Since 1950 to 2013 area of Kronotsky glaciers reduced by 18.8 km², or by 22.9% (for glaciers with areas larger 0.5 km²). Area of the Alney-Chashakondzha glaciers reduced for the period since 1950 to 2010 by 11.6 km², or by 19.2%, that is comparable to similar characteristics of glacier systems of Altai, Tien Shan, and Caucasus, and this contraction correlates with changes of basic climatic variations, i.e. rising of summer air temperature and decreasing of solid precipitation.