

*На правах рукописи*

**ИВАНОВ Егор Николаевич**

**ДИНАМИКА НИВАЛЬНО-ГЛЯЦИАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ ГОР  
ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

Специальность 25.00.23 –  
физическая география и биогеография,  
география почв и геохимия ландшафтов

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Иркутск – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук

Научный руководитель: **Плюснин Виктор Максимович**  
доктор географических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Коновалова Татьяна Ивановна**  
доктор географических наук,  
Институт географии им. В.Б. Сочавы  
Сибирского отделения Российской академии  
наук, ведущий научный сотрудник  
лаборатории теоретической географии

**Поповнин Виктор Владимирович**  
кандидат географических наук,  
Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова,  
доцент кафедры криолитологии и гляциологии  
географического факультета

Ведущая организация: **ФГБОУ ВПО Алтайский государственный  
университет (г. Барнаул)**

Защита состоится «24» декабря 2013 г., в 09.30 часов на заседании диссертационного совета Д 003.010.001 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.  
E-mail: postman@irigs.irk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » ноября 2013 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат географических наук

Григорьева М.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Среди составляющих нивально-гляциального комплекса или гляциосферы главная роль отводится ледниковым системам. Ледники являются чуткими индикаторами климатических изменений. На юге Восточной Сибири современное оледенение устойчиво, несмотря на количество осадков от 700 до 1000 мм в год, причем 80 % выпадает в жидком виде в период абляции – с июня по сентябрь. Высокогорный пояс юга Восточной Сибири состоит из горных хребтов, часть которых имеет современное оледенение: Восточный Саян, Байкальский, Баргузинский и Кодар. Для исследования динамики нивально-гляциальных геосистем на этих хребтах были выбраны 4 ключевых участка. Ранее в этих горных массивах проводились разноплановые исследования, однако общего обоснования и выявления закономерностей функционирования нивально-гляциальных геосистем не производилось.

Ледниковый энерго- и массообмен происходит в тесном взаимодействии с окружающими геосистемами (средой). Размер и положение нивально-гляциального образования влияет на всю окружающую геосистему. Во-первых, высокое альbedo приводит к тому, что солнечные лучи отражаются от ледника на окружающие природные объекты, увеличивая приход к ним солнечной радиации. Во-вторых, сток с ледника питает географические системы, находящиеся орографически ниже, обуславливая особенности их функционирования. В-третьих, на участках, занятых ледником или многолетним снежником, интенсивно идут процессы экзарации и нивации, преобразующие и формирующие новый рельеф. В-четвертых, происходит образование морен – фаций с особыми свойствами и взаимосвязями.

В исследования изменений нивально-гляциальных геосистем необходимо включать изучение их динамики и их ближайшего природного окружения, представляющего собой системные образования гляциального и перигляциального генезиса – морены, кары, каменные глетчеры. В работе дан ландшафтный и гляциологический анализ современного состояния нивально-гляциальных геосистем гор юга Восточной Сибири и, по возможности, характеристики моренных комплексов и каменных глетчеров.

**Цель работы:** Выявление особенностей динамики нивально-гляциальных геосистем гор юга Восточной Сибири путем физико-географического анализа с помощью современных географических и гляциологических методов и подходов.

В соответствии с вышеизложенным были сформулированы следующие **задачи:**

1. Выполнить анализ пространственных изменений ледников исследуемого района.
2. Охарактеризовать климатические изменения высокогорной области юга Восточной Сибири за известный период, на фоне которых происходило сокращение оледенения.
3. Проанализировать чувствительность и реакцию ледников на климатические изменения путем прямых наблюдений и измерений.
4. Выявить прямые и косвенные связи изменений нивально-гляциальных геосистем с окружающими геосистемами.

5. Определить общие закономерности динамики нивально-гляциальных геосистем гор юга Восточной Сибири.

**Объектом исследования** являются элементы нивально-гляциального высотного пояса юга Восточной Сибири: ледники, снежники, каменные глетчеры.

**Предмет исследования** – особенности изменчивости, функционирования и тенденций развития нивально-гляциальных геосистем гор юга Восточной Сибири в ответ на климатические изменения.

Автором рассматривается типологическая, геомерная ветвь нивально-гляциальных геосистем следующих рангов:

Нивально-гляциальные геосистемы гор юга Восточной Сибири в комплексе представляют собой геосистемы ранга группы геомов.

Далее выделяются собственно ледниковые, нивальные, моренные геомы.

Классы фаций представляют собой географические системы ледник + морена, ледник + снежник, каменный глетчер + морена и другие вариации. Они выделяются по преобладающему процессу.

Отдельные малые ледники, морены, снежники, каменные глетчеры являются собой группы фаций.

**Информационная база исследования.** В качестве основных источников о состоянии ледников в прежние периоды в работе использованы данные соответствующих томов Каталога ледников СССР, отчетов научных экспедиций, данные метеостанций и гидрометеорологических постов, фототеодолитные и тахеометрические съемки ледников предшествовавших исследователей. Для анализа пространственных изменений оледенения использовались результаты фототеодолитных съемок, предоставленные В.М. Плюсниным, аэрофотоснимки 1960-1970-х гг., топографические карты масштабов 1:25000 и 1:50000, космические снимки Ландсат (Landsat TM 1990 г. и Landsat ETM+ 1999, 2010–2011 гг.).

**Научная новизна и личный вклад автора.**

- Получены подробные данные об изменении границ ледников ключевых участков, а также данные о пространственных изменениях более чем пятидесяти других ледников на указанных горных территориях.

- Проведено детальное картографирование четырех репрезентативных ледников на ключевых участках.

- Создана база данных с открытым кодом «Ледники Баргузинского хребта», в которой собраны сведения о современном состоянии 187 нивально-гляциальных объектов хребта. Получено свидетельство о государственной регистрации № 2013620600, зарегистрировано в Реестре баз данных 13 мая 2013 г.

- Уточнены границы нивально-гляциальных систем, произведена GPS-метрия, лазерное сканирование прибором ILRIS Optech, выполнено картографирование современного состояния многих ледников.

- Выявлено четыре ледника, неучтенных ранее ни в одном источнике: два ледника на Баргузинском хребте, один в массиве Мунку-Сардык и один на Кодаре. Для семи ледников (один в массиве Мунку-Сардык, четыре на Баргузинском хребте и два на Кодаре) подтверждено их исчезновение в связи с потеплением климата.

• Выполнен анализ климатических изменений в районе исследований на базе четырех ближайших к ключевым участкам станций, охвачен период 2000-2011 гг.

• Впервые измерен годовой ход температуры вблизи ледников в период 2008-2012 гг. с помощью энергонезависимых приборов (термохронов).

**Методы исследования:** сравнительно-географический, историко-географический, экспедиционный, инструментальный, дистанционный, картографический, стационарный, статистический и лихенометрический.

**Основные научные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Резкая континентальность климата и широкое распространение криоли-тозоны в горах юга Восточной Сибири приводит к своеобразной динамике нивально-гляциальных геосистем, при которой основным фактором устойчивости является запас холода в подстилающей поверхности и теле ледника, накопленный в период отрицательных температур.

2. Отличием внутриконтинентальных сибирских ледников является особенность их абляции – эти объекты в меньшей мере подвержены изменениям длин и площадей, и в большей мере изменениям массивности, толщины.

3. Используемая в работе методика сбора и обработки пространственных и климатических данных горных районов юга Восточной Сибири, имеющих современное оледенение, основанная на полевых исследованиях, GPS-съемке, лазерном сканировании, анализе космических снимков, применении ГИС-технологий, энергонезависимых температурных датчиков (термохронов), и обобщении материалов в виде базы данных, позволяет проводить комплексное изучение нивально-гляциальных геосистем на труднодоступных территориях.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации были доложены на Генеральной Ассамблее Европейского Союза Наук о Земле (EGU-2013, Vienna), Гляциологических симпозиумах (Казань, 2010; Архангельск, 2012), Мерзлото-ведческой конференции (Салехард, 2012), Совещании по климатоэкологическому мониторингу (Томск, 2009) и других.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 17 работ, отражающих ее основное содержание, в том числе 3 работы в рецензируемых журналах.

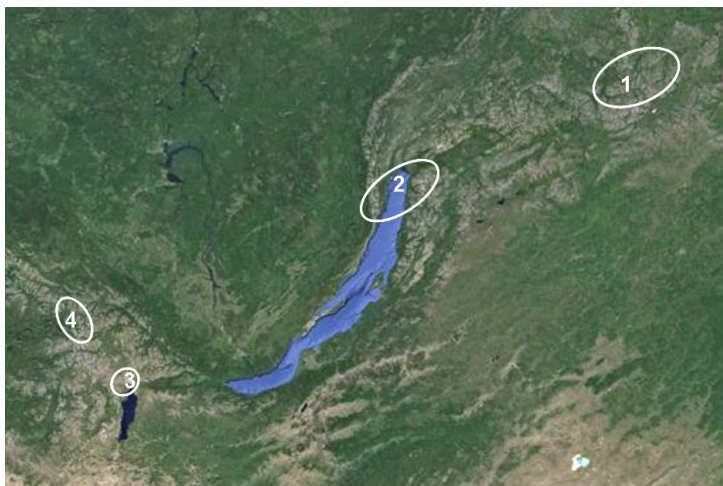
**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав с подглавами, заключения и списка литературы, включающего 126 наименований. В работе содержится 31 рисунок и 18 таблиц. Работа изложена на 144 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во Введении** обоснована актуальность темы, определены цели и задачи работы, объект и предмет исследования, охарактеризована ее научная новизна, приведены сведения об исходных материалах и методах исследования.

**В главе 1 «Географическое положение ключевых участков и история изучения территории»** рассматриваются физико-географические особенности гор юга Восточной Сибири и хроника исследований оледенения данных районов.

Ключевые участки (рис. 1) были выбраны как территории, имеющие типичные свойства для данного региона. Участки удобно рассматривать в качестве субмеридионального трансекта. Общими особенностями у них являются наличие современного оледенения, размещение у наивысших вершин, слабое антропогенное воздействие, унаследованность древнего оледенения. В рамках



выявления физико-географических особенностей рассматриваются территориальный аспект, метеорологические условия, ландшафт, растительность.

**Рис. 1. Ключевые участки:**  
**1 – Хребет Кодар, 2 – Байкальский и Баргузинский хребты,**  
**3 – Восточный Саян, массив Мунку-Сардык, 4 – Восточный Саян, пик Топографов.**

Исследуемые территории на этих горных системах: в хребте Кодар – верховье реки Средний Саукан, пик Бам (3072 м), ледник № 20 (Азаровой), в Байкальском хребте – гора Черского (2588 м) с прилегающей территорией, ледник Черского, в Восточном Саяне – Вершина Мунку-Сардык (3491 м) с прилегающей территорией, ледник Северный Перетолчина, центр оледенения района пика Топографов (3088 м), ледник № 18.

Обозначенные территории, согласно гляциологическому районированию, относятся к Алтае-Саянской и Восточно-Сибирской областям Атлантико-Североевразийской провинции зоны многолетней мерзлоты, устойчивого снежного покрова, сезонных морских льдов и горного оледенения пояса постоянных нивально-гляциальных явлений северного полушария.

В целом территория гор юга Восточной Сибири характеризуется резко-континентальным климатом, обуславливающим типы высотной поясности, и большой расчлененностью рельефа. В соответствии с этими определяющими факторами формируются физико-географические особенности каждой территории. Группы горных геомов делятся на подгруппы с учетом высотной поясности: оптимального развития, ограниченного и редуцированного развития.

Наибольшая площадь оледенения на Кодаре – 18,8 км<sup>2</sup>, по сравнению с ним оледенение на Байкальском хребте очень мало – не более 1 км<sup>2</sup>. Наиболее высокий в абсолютном отношении – массив Мунку-Сардык, наименее – Байкальский хребет. Более всего изучен в гляциологическом отношении массив Мунку-Сардык, остальные три группы оледенения изучались непостоянно, с разной периодичностью. Информация о ледниках в отмеченных хребтах в упорядоченном виде представлена только в опубликованных в 1972 г. и 1973 г. соответствующих томах Каталога ледников СССР. Ключевые участки оледенений, расположенные на этих хребтах, являются типичными для своих территорий и могут считаться отражением общих закономерностей хребтов.

**В главе 2 «Нивально-гляциальные геосистемы гор юга Восточной Сибири в период исследований 2008-2013 гг.»** рассматриваются современное состояние нивально-гляциальных геосистем гор юга Восточной Сибири в сравнении с накопленными данными и приводятся данные полевых исследований автора по ключевым участкам.

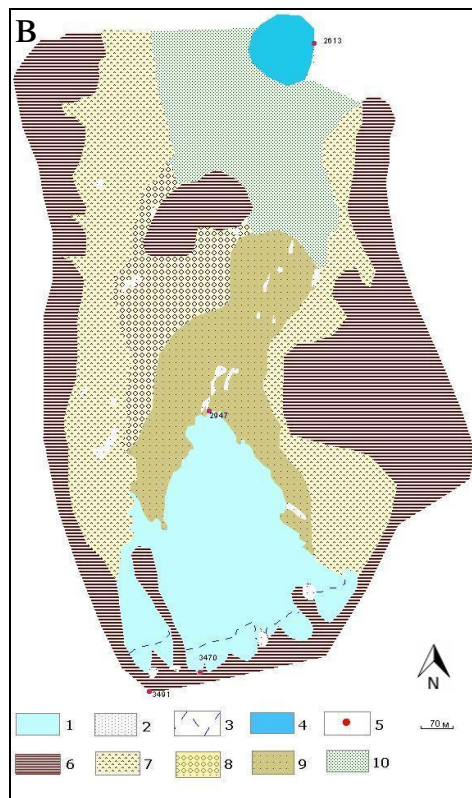
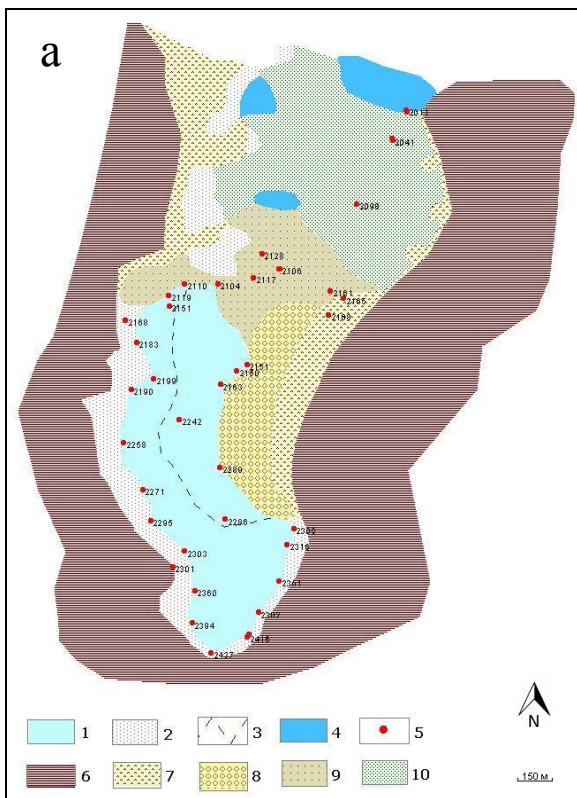
Субмеридиональный трансект охватывает горную область юга Восточной Сибири и представляет собой наиболее характерную континентальную территорию, исключая значительное антропогенное и океаническое влияние. На этом трансекте просматривается двойная поясность (зональность) – широтная от Сибирских горных геосистем (таежных, континентальных) до южных Центрально-Азиатских (степных, резко континентальных), и высотная, присущая горным геосистемам, от степных и лесных до гольцовых ландшафтных поясов. Абсолютные высоты гор на этом трансекте повышаются в южном направлении, тем самым сохраняя некоторую термостабильность схожих геосистем.

За 1979–2007 годы ледник Азаровой (рис. 2а) на Кодаре отступил на 28 м (рис. 3а), то есть в среднем скорость отступления составляла 1 м/год. В результате совместной работы по программе ИНТАС в 2007–2008 гг. специалистов кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и ИГ им. В.Б. Сочавы СО РАН впервые была получена масс-балансовая характеристика ледника. Поверхность ледника Азаровой сократилась на 20 % между 1979 г. и 2007 г. В среднем, ледник уменьшился в толщину на 20 м. Важно, что ледник становился тоньше не только на языке, но и по всей поверхности. В нижней 200-метровой части, ниже 2200 м над ур. м., ледник стал тоньше на 40 м, но и в верхних частях ледника, на высотах более 2400 м над ур. м., ледник также потерял от 10 до 20 м толщины. Общие потери с 1979 г. по 2007 г. составили  $18 \pm 1,6$  м в водном эквиваленте, и осредненный масс-баланс составил  $-640 \pm 60$  мм в водном эквиваленте в год.

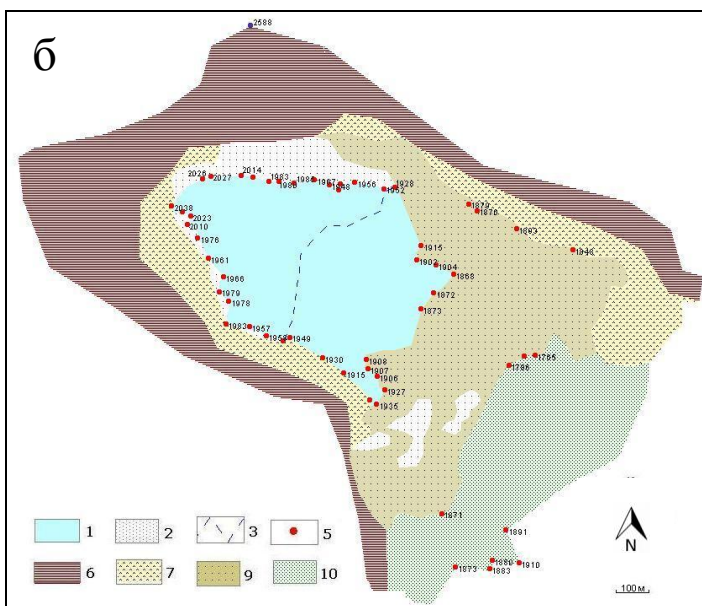
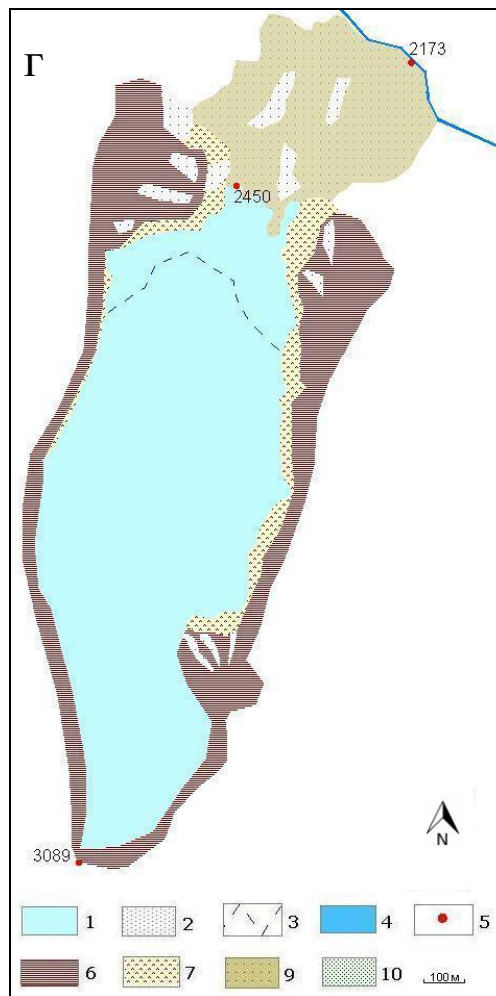
За последние десятилетия плановые очертания ледника Черского (рис. 2б) на Байкальском хребте практически не изменились. В 1960-х годах длина ледника превышала 1 км, а сегодня она менее 800 м. Площадь ледника изменилась от 0,60 км<sup>2</sup> до 0,38 км<sup>2</sup>. Значит, определенная тенденция к сокращению ледника просматривается, однако она может отражать и реакцию ледника на межгодовую ритмику климатических показателей, а в целом ситуация остается здесь весьма устойчивой.

На Баргузинском хребте было зафиксировано 187 объектов общей площадью 2,3 км<sup>2</sup>, из которых 2 являются ледниками площадью 0,13 км<sup>2</sup> и 0,06 км<sup>2</sup>. 57 объектов представляют собой каменные глетчеры, 71 – присклоновые висячие остатки ледников и 38 – многолетние снежники. 19 объектов требуют дополнительных исследований. Все объекты сконцентрированы у основного водораздела хребта. В южной части хребта, ближе к высшей точке хребта, пику Байкал (2841 м) расположены 77 объектов. 110 нивально-гляциальных образований сосредоточено в северной высокогорной части хребта. 2 ледника находятся в бассейнах рек Тала Светлинская и каскада озер Урёл-Амутис. По сравнению с границами, отмеченными на топографических картах 1960-х годов, суммарное сокращение всех объектов составило 75 %.



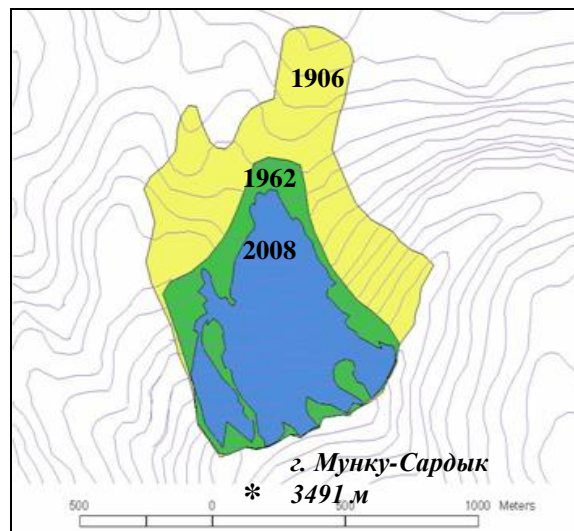
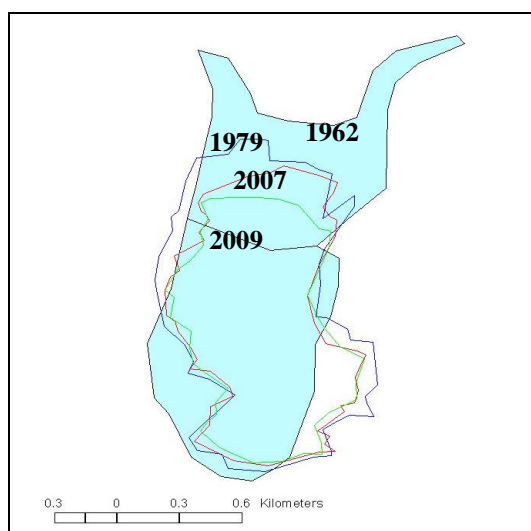


Условные обозначения: 1 – Тело ледника; 2 – Многолетние снежники; 3 – Снеговая граница; 4 – Озера; 5 – Отметки высот по результатам GPS съемки; 6 – Скалы и скалисто-грубообломочный материал; 7 – Осыпи и каменисто-щебенистые поверхности; 8 – Боковой вал современной морены; 9 – Современная морена; 10 – Морена исторической стадии с лишайниково-кустарничковыми участками.



**Рис. 2. Карты-схемы нивально-гляциальных геосистем ледников:**  
 а) № 20 (Азаровой) на хребте Кодар; б) Черского на Байкальском хребте; в) Перетолчина в массиве Мунку-Сардык; г) № 18 пика Топографов в Восточном Саяне.





**Рис. 3. Стадии изменения ледников:**

**а) Азаровой (хр. Кодар)**

1962 – границы ледника по топокарте 1962 г.;  
 1979 – по данным фототеодолитной съемки 1979 г.;  
 2007 – по ДДЗЗ EROS-B 2007 г.;  
 2009 – по ДДЗЗ QB 2009 г.

**б) Перетолчина (Мунку-Сардык)**

Границы ледника в 2008 г. (blue)  
 Границы ледника в 1962 г. (green)  
 Границы ледника в 1906 г. (yellow)

(В.С. Шейнкман, В.М. Плюснин, Е.Н. Иванов, А.Д. Китов, 2011)

Ввиду более южного расположения ледники массива Мунку-Сардык (табл. 1) сокращаются наиболее интенсивно среди ключевых участков. Еще одной причиной, наряду с увеличением периода абляции является меньший запас холода в теле ледников. За последние сто лет площадь как северного, так и южного ледников уменьшилась почти в 2 раза (рис. 3б). Отсутствие заметных конечных морен говорит о равномерном и быстром отступлении ледников. Ледник Перетолчина (рис. 2в) из долинного преобразовался в каровый.

**Таблица 1**

**Динамика ледников массива Мунку-Сардык 1906-2010 гг.**

Ледник / морфолог. тип	Период, г.	Площадь, км <sup>2</sup>	Изменение уровня конца языка, м	Высота конца языка ледника, м над ур. м.
Перетолчина / карово-присклон.	1906	0.68		2784
	2010	0.35	163	2947
Южный / каровый	1906	0.4		3173
	2010	0.17	42	3215
Радде / каровый	1906	0.3		2800
	2010	0.28	0-5	2800
Жохойский	1906	0.3		
	2010		Ледник не обнаружен	
Пограничный / каровый	1906		Нет сведений	
	2008	0.18	-	3068

В районе пика Топографов ледники подвержены той же особенности, что и на хребте Кодар: крупные ледники в основном становятся тоньше, но их очертания сохраняются, что отчетливо демонстрирует ледник № 18 пика Топографов (рис. 2г). В этом районе затруднительно проследить многолетнюю динамику ледников по причине отсутствия продолжительной истории изучения рай-

она. Автором были проведены экспедиционные исследования в этом ледниковом районе, а по данным дистанционного зондирования Земли сделана инвентаризация ледников и проведено их сравнение с данными Каталога ледников СССР (табл. 2).

*Таблица 2*

**Морфологические характеристики ледников у пика Топографов в Восточном Саяне, 1972-2011 гг.**

Номер ледника по Каталогу ледников СССР / морфолог. тип / период	Площадь, км <sup>2</sup>	Изменение уровня конца языка, м	Высота конца языка ледника, м над ур. м.
1 / каровый / 1972–2011	0,5 – 0,4	40	2400 – 2440
2 / каровый / 1972–2011	0,2 – 0,15	130	2350 – 2480
3 / карово-дол. / 1972–2011	1,4 – 1,0	50	2500 – 2550
15 / висячий / 1972–2011	0,2 –	Ледник не обнаружен	
16 / карово-дол. / 1972–2011	0,2 – 0,1	40	2320 – 2360
17 / долинный / 1972–2011	0,5 – 0,4	260	2220 – 2480
18 / долинный / 1972–2011	1,1 – 1,0	60	2320 – 2380
19 / каровый / 1972–2011	0,2 – 0,1	80	2320 – 2400
20 / долинный / 1972–2011	1,0 – 0,7	50	2380 – 2430

В результате произведена инвентаризация современного состояния всех нивально-гляциальных геосистем горных территорий ключевых участков. Все исследованные нивально-гляциальные геосистемы гор юга Восточной Сибири находятся в состоянии регрессии, уменьшается их площадь и толщина. Для семи нивально-гляциальных систем установлено исчезновение или полная трансформация в каменный глетчер. Темпы деградации не катастрофические, большинство этих объектов в ближайшие десятилетия сохранят основные геометрические пропорции и запасы вещества. Выявлено четыре неизвестных ранее ледника: два на Баргузинском хребте, один в массиве Мунку-Сардык и один на Кодаре. Создана электронная база данных «Ледники Баргузинского хребта», куда вошли данные о размерах, изменении и расположении 187 нивально-гляциальных образований.

**В главе 3 «Сходства и различия оледенения гор юга Восточной Сибири и оледенений других территорий»** производится сравнительный анализ гор юга Восточной Сибири и оледенений других территорий, имеющих современное оледенение и расположенные в разных климатических условиях: Кавказ, Полярный Урал, Алтай. Все сравниваемые районы были посещены автором в составе различных экспедиций в период 2008–2012 гг. Заключительная часть этой главы посвящена анализу условий функционирования оледенения Кавказа, Полярного Урала, Алтая и гор юга Восточной Сибири.

Закономерности циркуляции воздушных масс над Евразией, как и особенности рельефа этого материка, обуславливают распределение осадков над территорией России. Осадки вместе с воздушными массами перемещаются вглубь материка с запада на восток, постепенно теряя влагу. Среднегодовое количест-

во осадков на Кавказе достигает 4000 мм, в центральных частях, например в массиве Псеашхо, до 2000 мм. В период абляции суточная температура изменяется плавно, днем до +20 – 23°C, остается достаточно теплой и ночью, +10–12°C, редко случаются и заморозки до +1–2°C. Так, например, ночная температура +1°C наблюдалась 22 июня 2011 года на высоте 1800 м. в трех километрах от ледника Холодный. При общем «мягком» климате Кавказа и достаточной средней высотой существование ледников вполне закономерно.

Полярный Урал испытывает в некоторой мере влияние влажных воздушных масс с Северного Ледовитого океана, но осадков в среднем за год выпадает 740 мм. Существование оледенения возможно в связи с повышенной концентрацией снега и наличием затененных участков.

При движении вглубь материка над Алтаем эти воздушные массы все еще достаточно насыщенные влагой, и на Алтае фиксируется до 2000 мм осадков. Климат здесь уже более континентальный, амплитуды летних и зимних температур увеличиваются. Суточные температуры в период абляции днем +17–20°C, ночью +8–10°C.

Восточная Сибирь – это район с резкоконтинентальным климатом, температурный режим характеризуется очень существенной амплитудой колебания. Амплитуды годовых колебаний достигают 100 градусов по Цельсию (+40–45°C летом и -50–55°C зимой). Осадков горные районы получают крайне мало, около 400–700 мм. Суточная температура в период абляции на леднике имеет значительную амплитуду, +13–15°C днем и +1 – -1°C ночью, нередки ночные заморозки. Рассматривать сибирские ледники без учета локальных особенностей местностей их расположения было естественным до середины XX в., когда сведений об особенностях режима ледников Сибири было недостаточно для выведения закономерностей. В этом регионе следует учитывать как практически повсеместную промороженность территории, так и значительный запас холода, содержащийся в ледниках. Известно, что лед – горная порода с теплоемкостью 2,11 кДж/(гК) и теплопроводностью 2,33 Вт/мК. Благодаря холодным зимним температурам холод накапливается в ледяной толще и ледники все лето имеют температуру на несколько градусов ниже нуля. Процесс абляции в Сибири менее интенсивен, чем на Кавказе или Алтае.

Ледники высокогорных систем юга Восточной Сибири реагировали на изменения температурных условий следующим образом. В течение 2000–2012 гг. фиксировались изменения среднегодовых температур в сторону понижения интервалом 3–4°C. В 2008–2009 гг. интенсивность сокращения ледников увеличилась, после 2010 г. замедлилась, что свидетельствует об их инерционности, с запаздыванием, по наблюдениям автора на ключевых участках, 2–3 года.

Сравнение условий функционирования оледенения этих территорий приведено в табл. 3.

Нивально-гляциальные геосистемы присутствуют на значительной части горных областей России. Их динамика и функционирование подчинены локальным факторам каждого региона. В современных условиях быстро меняющегося климата необходимо проводить мониторинг состояния областей питания ледников. Чтобы правильно понимать закономерности ледниковых процес-

сов, необходимо анализировать взаимодействие трех факторов – оледенения, климата и рельефа. Осуществляемые в настоящее время программы слежения за балансом массы и отступанием краевых частей ледников позволяют с достаточно большой точностью оценить внешние признаки деградации современного оледенения, при сравнении динамики оледенения необходимо учитывать локальные климатические и орографические факторы.

*Таблица 3*

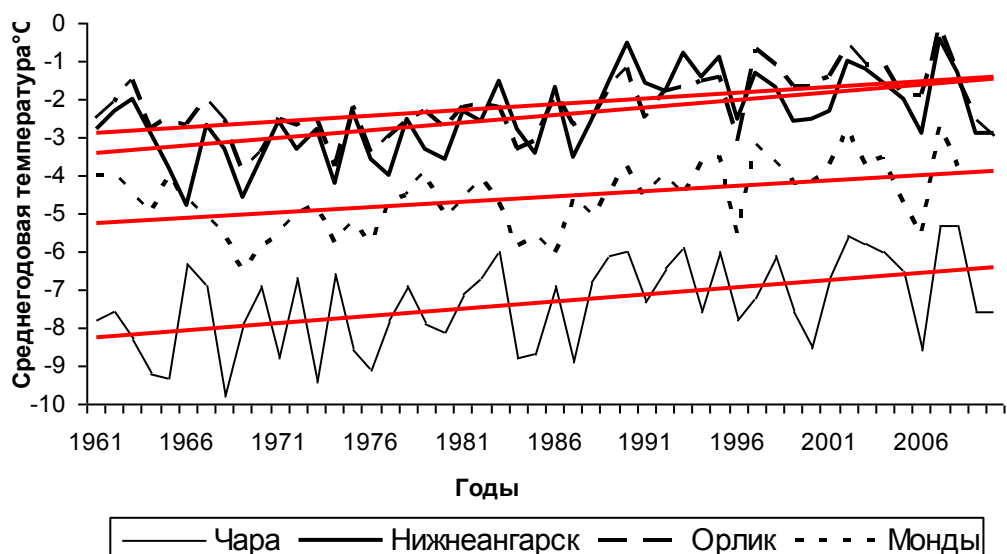
**Условия функционирования оледенения горных территорий различных климатических зон России**

Ледниковый район	Площадь оледенения, км <sup>2</sup>	Количество ледников	Осадки, мм в год	Среднегодовая температура	Средняя температура зима/лето
Кавказ, массив Псеашхо	1400	2050	2000	3°С	-6°С / +14°С
Полярный Урал	15	76	740	- 5°С	-13°С / +9°С
Алтай, массив Биш-Иирду	910	1400	1500	- 3°С	-20°С / +15°С
Горы юга Восточной Сибири	30,7	68	400-550	-2 -9°С	-30°С / +12°С
Байкальский хребет	0,41	1	550	-3°С	-25°С / +15°С
Кодар	18,8	39	500	-9°С	-30°С / +5°С
Восточный Саян, Мунку-Сардык	1,5	5	450	-2°С	-25°С / +12°С
Восточный Саян, пик Топографов	10	23	400	-4°С	-27°С / + 8°С

**В главе 4 «Общие закономерности динамики снежно-ледовых образований в горах юга Восточной Сибири и методика их изучения»** анализируются метеорологические параметры ключевых участков в XXI веке, рассматривается изменчивость нивально-гляциальных геосистем гор юга Восточной Сибири и реакция на глобальные изменения климата и приводится методика сбора и обработки данных, использованная в работе.

Климатические условия исследуемых высокогорных систем определяются географическим положением в центре Азиатского материка, расположением на границе двух природных зон Северного полушария – бореальной гумидной и степной аридной, и особенностями орографии каждого высокогорного района в отдельности. С 2008 г. усилиями сотрудников Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН проводится измерение метеопараметров в непосредственной близости от ледников с помощью специальных энергонезависимых приборов – термохронов. Сравнение периодов закладки термохронов и аналогичных периодов измерений на метеостанциях показал коэффициент корреляции 0,93. Для целей настоящей работы достаточно было подтвердить соответствие температурных условий в районах ключевых участков и в районах ближайших метеостанций. Для получения метеорологических данных использовались станции, ближе всего находящиеся к ключевым участкам: ледник Азаровой, хребет Кодар – Чара; ледник Перетолчина, Мунку-Сардык – Монды; ледник Черского, Байкальский хребет – Нижнеангарск; ледник № 18, пик Топографов – Орлик.

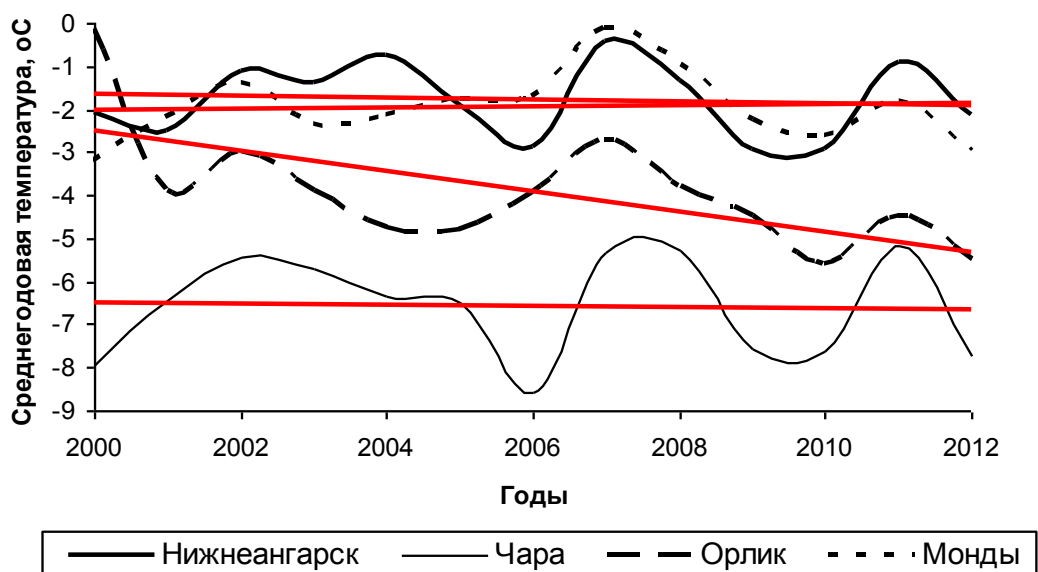
По каждой ближайшей к ключевому участку метеостанции были собраны среднесуточные показатели температур в период с 2000 г. по 2012 г. Кроме этого, было осуществлено сравнение среднегодовых температур воздуха на этих станциях за весь период наблюдений (рис. 4).



**Рис. 4.** Сравнение изменения среднегодовой температуры воздуха на метеостанциях.

На всех станциях четко видны широтные различия в метеорологических характеристиках, а также влияние на них локальных факторов. Станции хорошо сравнимы между собой и, с учетом широты, достаточно хорошо коррелируют между собой.

Для периода 2000–2012 гг. были рассчитаны среднегодовые температуры, суммы отрицательных температур и периоды с устойчивой отрицательной температурой. Изменения среднегодовой температуры за период 2000–2012 гг. показывает сравнительный график на рис. 5.

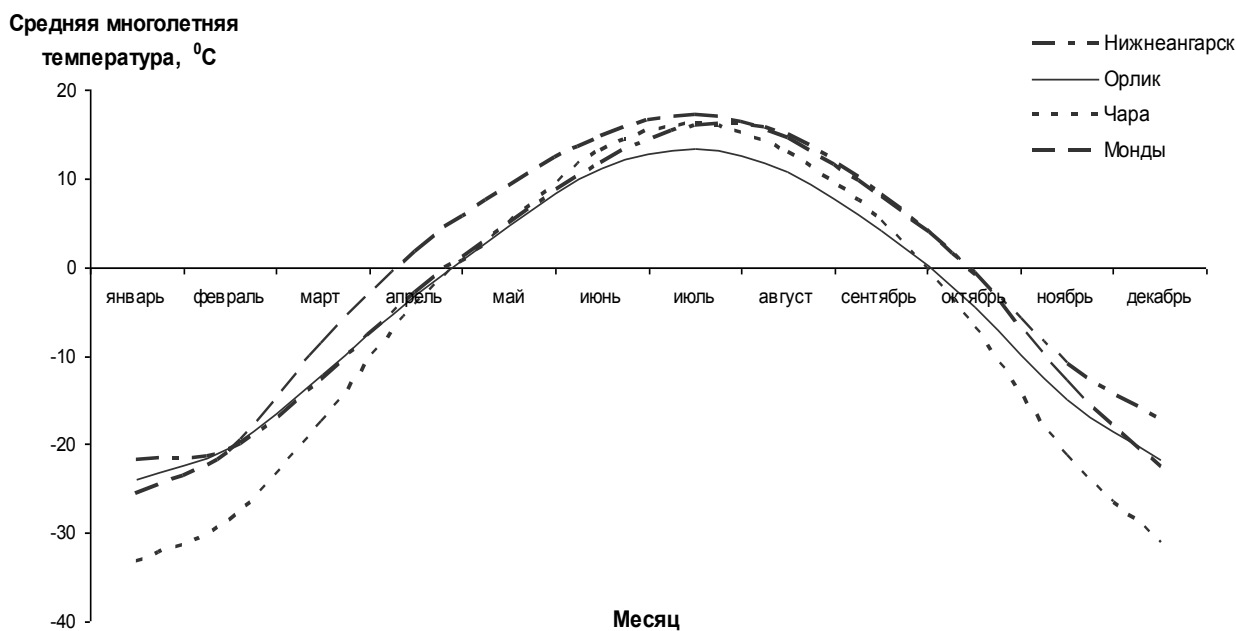


**Рис. 5.** Среднегодовая температура метеостанций ключевых участков в 2000–2012 гг.

На всех станциях выделяется 2007 г. Этот год был одним из самых теплых, с наименьшим количеством дней с устойчивой отрицательной температурой.

Следуя положению защиты № 1 данного исследования, нивально-гляциальные образования ключевых участков, особенно ледники, функционируют благодаря запасу холода, накапливаемого ими в период с устойчивыми отрицательными температурами атмосферного воздуха, прослежена динамика изменения сумм отрицательных температур за 2000-2012 гг. Периоды устойчивой отрицательной температуры воздуха на всех станциях составляют большую часть года: от 188-190 дней в Нижнеангарске и Мондах до 201–206 дней в Чаре и Орлике. Суммы отрицательных температур в среднем за 13 лет составляют на метеостанции Чара  $-4135,4^{\circ}\text{C}$ , Нижнеангарск  $-2540,1^{\circ}\text{C}$ , Монды  $-2317,7^{\circ}\text{C}$ , Орлик  $-2965,5^{\circ}\text{C}$ .

Среднее многолетнее изменение температуры за год по всем 4-м станциям представлено на сравнительном графике на рис. 6. Самая большая амплитуда колебания температуры воздуха у станции Чара – видно, что у нее более холодная зима и достаточно теплое лето. В противоположность ей на станции Орлик плавная амплитуда колебания температуры – мягкая зима и холодное лето.

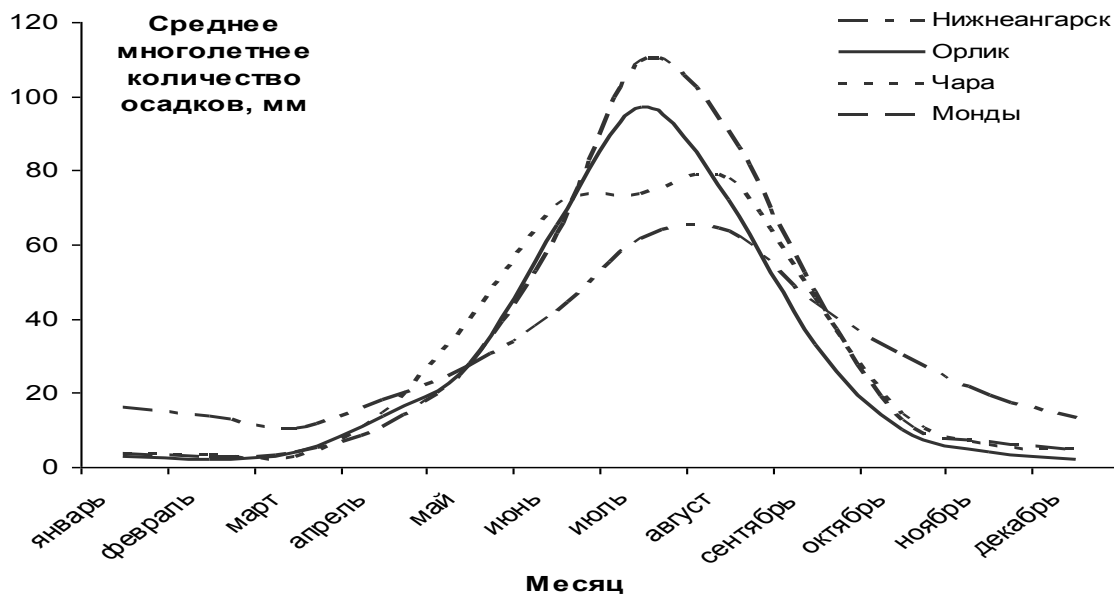


**Рис. 6.** Средняя многолетняя температура по всем станциям ключевых участков за период 1950-2010 гг.

Для территорий ключевых участков характерно неравномерное распределение осадков по сезонам года. Это иллюстрирует сравнительный график средних многолетних данных о количестве осадков на станциях, наиболее близко расположенных к ключевым участкам на рис. 7.

В период с июня по октябрь выпадает 80 % всех осадков на этих территориях. Для ледников теплых районов такое распределение осадков по году означало бы очень скорое стаивание, так как наибольшее таяние происходит под действием теплых дождевых вод, а не прямого воздействия Солнца. На ледниках горных территорий юга Восточной Сибири этому препятствует запас холода на леднике. Ледни-

ки данных территорий имеют отрицательную температуру и способны сдерживать отепляющее воздействие дождевых вод механизмом образования наложенного льда.



**Рис. 7.** Среднее многолетнее количество осадков на метеостанциях.

Изменения метеорологических параметров на рассматриваемых территориях в целом вторят глобальным изменениям климата, как по отдельным пиковым годам (2003 г., 2007 г.), так и по трендам. В горных территориях юга Восточной Сибири с начала XXI века происходит снижение среднегодовых температур, главным образом за счет снижения средних летних температур, средние зимние температуры повышаются. Количество осадков существенным образом не меняется.

В горах юга Восточной Сибири нивально-гляциальные геосистемы представлены ледниками, многолетними снежниками и каменными глетчерами. Один из основных факторов формирования современного оледенения здесь – низкие зимние температуры воздуха.

Особенностью динамики ледников ключевых участков трансекта является тенденция смены характера отступления – то сокращение своих ледников, то потеря массивности, объема. Начало идущего сейчас сокращения длин наблюдалось к середине XX в., к концу этого столетия наблюдалось утоньшение, а в начале XXI в. увеличение темпов сокращения длины уже оставшегося языка. Ледники рассматриваемых территорий, по многим признакам, являются саморегулируемыми системами. Согласно учению о геосистемах В.Б. Сочавы (1978 г.), такие системы поддерживают стационарное состояние благодаря процессам функционирования, существо которых сводится к пополнению убыли запасов энергии и вещества путем обмена с окружающей средой. А возраст геосистемы определяется тем сроком, в течение которого взаимоотношения между ее компонентами продолжают оставаться на одном уровне. Инвариантное начало сохраняется неизменным при всех динамических преобразованиях, преобразуемая же часть геосистем находится в динамическом состоянии.



Для любого ледника существует задержка между существенным изменением климатических параметров и началом изменения положения конца ледника – время реакции ледника. Оно определяется по результатам прямых наблюдений за поведением конца ледника и запаздыванием продвижения в ответ на климатические изменения.

Самый распространенный показатель общей динамики оледенения – изменение длины ледников за счет величины и скорости отступления их языков. Диапазон колебания этой характеристики чрезвычайно велик.

Ледники изучаемых гор представляют малые формы оледенения и поэтому обладают значительно большей изменчивостью и реакцией на глобальные изменения климата. Реакция ледников на текущее глобальное потепление климата выразилась в тенденции медленного отступления, при котором главным образом происходит утрата ими массивности и уменьшение толщины ледяного тела. Поэтому за последние десятилетия ледники стали тоньше, но все еще сохраняют размеры, которые были зафиксированы в 1970-е гг. Большой частью они представлены малыми формами, которым часто сопутствуют многолетние снежники, но в то же время среди них имеют место карово-долинные и долинные ледники более 1 км в длину. Скорость сокращения границ у снежников варьирует в значительно больших пределах, чем у ледников.

Среди нивально-гляциальных геосистем рассматриваемых районов ледники занимают около 70 % площади, многолетние снежники – 20 %, каменные глетчеры – 10 %. Все исследованные нивально-гляциальные геосистемы участков, расположенных по меридиональному трансекту, характеризуются общими особенностями реакции на изменения климата – сохранением очертаний и геометрических пропорций, малой интенсивностью отступления и значительным уменьшением толщины льда.

В завершающем разделе главы приводится *методика* сбора и обработки данных. Для выявления динамики нивально-гляциальных геосистем, самое необходимое условие – сбор достоверных данных. А так же приведение их к сопоставимому друг с другом виду. Чтобы сравнивать климатические, ландшафтные, картографические и биологические данные, нужно выработать определенную систему или шкалу соответствия этих данных между собой на каждом из ключевых участков и для всех таких геосистем в целом. Разработка такой системы осложняется разным уровнем доступности информации по каждому ключевому участку. Поэтому создание проекта ГИС, концентрирующего данные на единой картографической основе с соответствующей базой данных, для последующего автоматизированного анализа этой информации, является наиболее перспективным и эффективным способом решения поставленных задач.

Для более полного осознания закономерностей нужны количественные методы оценки моделирования географических процессов и структур. Прямыми следствиями изменившихся внешних условий являются перемены как в пространственном положении ледника (площадь, гипсометрия), так и в параметрах его массоэнергообмена – внешнего (абляция, аккумуляция) и внутреннего (скорость движения льда) На ледниках ключевых участков информационная обеспеченность в данное время покрывает только изменения пространственного поло-

жения ледников. Методика сравнения разных данных, показывающих динамические изменения ледниковых геосистем, была выработана при консультировании с сотрудниками кафедры криолитологии и гляциологии МГУ им. М.В. Ломоносова и ИГ РАН.

Сбор метеорологических данных осуществлялся путем трансформации в цифровой вид и статистического анализа архивных материалов ИГ им. В.Б. Соचाва СО РАН и статистической обработки и генерализации в программах Statistica и MS Excel данных срочных наблюдений метеостанций районов ключевых участков из электронного портала архивов метеоданных [meteo.infospace.ru](http://meteo.infospace.ru).

Как упоминалось выше, метеорологические данные за 2009-2011 гг. добывались прямо на ключевых участках с помощью специальных энергонезависимых датчиков-самописцев – термохронов. В табл. 4 и 5 приведены характеристики географического положения мест закладки термохронов и статистические характеристики температуры почвы.

**Таблица 4**

**Характеристика мест закладки термохронов**

Горный хребет	Код площадки	Абс. высота	Растительность	Экспозиция
Байкальский хребет	Б1	1290 м	Низкотравье	Южная
	Б2	1126 м	Разреженные кустарники	Южная
	Б3	1127 м	Кедровый стланик, моховые	Северная
Мунку-Сардык	М1	2877 м	Альпийский луг	Северная
	М2	2684 м	Морена, лишайники	Северная

**Таблица 5**

**Статистические характеристики температуры почвы в местах закладки термохронов**

Термохрон	Средне-годовая температура	Максимальная температура °С / дата	Минимальная температура / дата	Годовая амплитуда температур	Период устойчивой отрицательной температуры
Б1	-6,5°С	15,0°С / (25.07.2010)	-26,5 °С / (01.02.2010)	41,5°С	18.10.2009 – 26.05.2010
Б2	-3,3°С	21,5°С / (24.07.2010)	-21,0°С / (04.02.2010)	42,5°С	24.10.2009 – 03.05.2010
Б3	-1,8°С	20°С / (22.07.2010)	-15,5 °С / (02.02.2010)	35,5°С	26.10.2009 – 10.05.2010
М1	-10,3°С	10,4°С / (11.07.2010)	-25,5°С / (13-14.02.2010)	35,9°С	12.10.2009 – 14.06.2010
М2	-9,6°С	7,5°С / (09.07.2010)	-22,0°С / (11-16.02.2010)	29,5°С	29.10.2009 – 12.06.2010

Период устойчивой отрицательной температуры в массиве Мунку-Сардык продолжался от 227 (М2) до 246 (М1) дней. На Байкальском хребте экспозиция склона заметно не повлияла на продолжительность периодов устойчивой отрицательной температуры: 192 (Б2) и 197 (Б3) дней, хотя они на 1,5°С различаются по среднегодовой температуре. В месте закладки термохрона Б1, на 164 м выше места закладки термохрона Б2 по профилю того же склона, период устойчивой отрицательной температуры воздуха составил 222 дня, и среднегодо-

вая температура в этом месте была вдвое холоднее. Это близко к температурному режиму массива Мунку-Сардык, хотя высота над уровнем моря здесь вдвое ниже.

Для картографирования нивально-гляциальных объектов использовались материалы, полученные дистанционными методами. Реальные границы нивально-гляциальных объектов с определенной точностью определялись только непосредственными исследованиями на объектах. Методика составления картосхем состояла из следующих этапов:

1) Сбор всех доступных картографических данных. Это топографические карты, различные тематические карты разных масштабов и времени составления, каталоги ледников, космические снимки разного разрешения.

Для анализа имеющегося разрозненного картографического материала использовалось программное обеспечение ГИС ArcView 3.2a. С его помощью были созданы ГИС-проекты ключевых территорий.

2) Обобщение материалов, анализ тематического содержания, выделение ошибочных данных и расхождений между разными источниками информации.

3) Составление моделей современного состояния объектов исследования по материалам ДЗЗ. Применение ГИС-технологий позволило свести к единой картографической основе имеющиеся материалы, провести необходимые картографические построения для сравнения и реконструкции границ оледенения и сопряженных геосистем.

4) Исследования на местности путем GPS-метрии и лазерного сканирования.

На ледниках ключевых участков производился обход периметра всего ледника с прибором Garmin GPSMAP 76CSx. Дополнительно проводилось описание точек выделяющихся частей ледника, которые возможно будет дешифровать на космических снимках для привязки. Кроме этого, отдельно проводилась фиксация фирновой линии, линии натечного льда, тальвегов, флювиогляциальных потоков. А также ставились точки на вершинах, окружающих ледник, и на крайних точках морен.

Лазерная сканирующая система ILRIS Optech представляет собой наиболее современный инструмент для геодезической съемки недоступных поверхностей. Она позволяет получить тысячи X,Y,Z точек в секунду, из которых затем могут быть построены точные 3D модели. Для съемки достаточно одной точки, с которой просматривается вся поверхность ледника. Максимальное расстояние до объекта для корректной работы дальномера – 1,8 км. Сканирование ледника Перетолчина в массиве Мунку-Сардык было проведено 03.05.2013 в начале периода абляции и 19.07.2013 в максимально активный период абляции.

5) Сравнение современного состояния ледников, рассчитанного с помощью анализа и обобщения дистанционных материалов с данными GPS-метрии и лазерного сканирования. (Примером могут служить карты-схемы на рис. 2.)

Главные показатели при исследованиях на местности – длина, площадь, периметр ледников, высшие и низшие точки ледника, репера для сверки прошлых съемок, высота фирновой линии, точки на леднике, которые возможно рекогносцировать на снимках.

У некоторых ледников достаточно большую часть занимает погребенный лед, который тоже необходимо учитывать. Именно забронированный лед часто является той самой погрешностью, которую дистанционные методы не «замечают», а при измерениях непосредственно на объекте они легко рекогносцируются.

Значительные перспективы в проведении исследований на обширных и труднодоступных территориях появились благодаря следующим моментам:

- функционирование космических систем сверхвысокого разрешения, с возможностью регистрации географических объектов в диапазоне электромагнитного излучения от видимого до радарного;

Это дает возможность с достаточно большой точностью фиксировать природные объекты и их изменения. Спектр диапазонов позволяет составить полную картину функционирования геосистем, и всех основных их составляющих.

- развитие ГИС-технологий для анализа дистанционных данных и карт;

Эти технологии значительно упрощают и ускоряют сбор и анализ материалов, и дают возможность получать промежуточные и предварительные результаты, более четко намечать и следовать основным целям исследования, а так же оперативно оформлять результаты в виде соответствующих карт или инфраструктур пространственных данных.

- доступность приборов GPS-навигации;

Такие приборы служат значительной мобилизации и автоматизации полевых исследований, и также дают возможность видеть промежуточные и предварительные результаты, для того чтобы не делать лишних измерений и сверок данных.

- появление геоинформационных порталов типа Google для обмена современной пространственной информацией;

Эти средства помогают первичному статистическому сбору и анализу данных и последующей апробации и сравнению полученных и обработанных сведений между разными исследователями и учреждениями, выполняющими сходные задачи, либо изучающими одни и те же природные объекты. А так же дают возможность дополнять общую картину природного комплекса разными сферами данных. Например, гляциологические данные могут дополниться геологическими, ландшафтными – метеорологическими и т.д.

Данная методика позволила успешно решить поставленные в работе задачи. Состояние горных и нивально-гляциальных геосистем юга Восточной Сибири исследовалось непосредственно полевыми наблюдениями с использованием современных средств и технологий, таких как: ГИС-анализ и картографирование, дистанционное зондирование спутниковыми системами сверхвысокого разрешения, применением современных навигационных и геодезических приборов, а также автоматических приборов регистрации метеорологических параметров.

Общие закономерности динамики нивально-гляциальных геосистем гор юга Восточной Сибири:

1. Сохранение очертаний и геометрических пропорций, малая интенсивность отступления и значительное уменьшение толщины льда.

2. Время реакции ледников на изменения метеорологических параметров 2-3 года.

3. Перераспределение вещества между ледниками и снежниками тесно связывает их в класс фаций ледник + снежник с зависимостью преобладающего процесса от сезона: в период аккумуляции преобладает процесс функционирования снежника, в период абляции – ледника.

**В Заключении сформулированы основные выводы и результаты.**

Ледники гор юга Восточной Сибири с позиций геосистемного подхода представляют собой группы фаций, включающие следующие элементарные геомеры – зону аккумуляции, зону абляции, боковые морены, срединную и фронтальную морену. Дифференциация вещественной составляющей данных геосистем происходит путем многократного перехода воды из твердой в жидкую фазу и обратно, а также транспортировкой и переработкой обломочного материала со склонов.

1. Горы юга Восточной Сибири – своеобразный регион с необычными условиями существования современного оледенения. Малое количество осадков – от 300 до 1000 мм, и значительные амплитуды колебания абсолютных температур – от  $-55$  до  $40^{\circ}\text{C}$ , приводят к особым связям между геосистемами. Перераспределение вещества между ледниками и снежниками тесно связывает их в класс фаций ледник + снежник с зависимостью преобладающего процесса от сезона: в период аккумуляции преобладает процесс функционирования снежника, в период абляции – ледника.

2. Уточнены границы современного положения нивально-гляциальных геосистем, выявлены объекты, неучтенные ранее либо наоборот, уже прекратившие свое существование как нивально-гляциальные формы. С начала XX в. до 2012 г. общее сокращение площади оледенения района исследований составило 20 %. Темпы деградации существенно возросли во второй половине XX в. между 1972 г. и 2002 г., когда ледники потеряли 15 % своей площади. В последнее десятилетие таяние ледников ключевых участков замедлилось.

3. На станциях, использовавшихся для анализа метеоусловий ключевых участков с 2000 по 2012 гг., фиксировалось снижение среднегодовой температуры главным образом за счет снижения среднегодовых положительных температур в интервалах: Чара от  $10,5^{\circ}\text{C}$  до  $12,7^{\circ}\text{C}$ ; Нижнеангарск от  $13,5^{\circ}\text{C}$  до  $10,9^{\circ}\text{C}$ ; Монды от  $10,2^{\circ}\text{C}$  до  $8,1^{\circ}\text{C}$ ; Орлик от  $10,5^{\circ}\text{C}$  до  $8,3^{\circ}\text{C}$ .

4. Изменение объема ледников гор юга Восточной Сибири происходит большей частью за счет уменьшения толщины льда. С 1972 г. по 2011 г. среднее понижение поверхности ледников составило 30 м.

5. Таяние ледников гор юга Восточной Сибири происходит медленнее, чем в других горных районах России (Алтай, Кавказ, Полярный Урал). Темпы сокращения площади в 2000–2012 гг. составили 0,7–0,8 % в год.

6. Для 4 ключевых ледников было рассчитано время реакции ледников на изменения климата. Наступаний ледников на протяжении XX в. не наблюдалось, происходили недолговременные замедления сокращения с запаздыванием на 2–3 года (время реакции).

7. Все нивально-гляциальные геосистемы гор юга Восточной Сибири находятся в стадии не критичной для них деградации. Их устойчивость к изменениям климата, наряду с другими факторами, обусловлена, главным образом, запасом холода, накапливаемым ледниками в период отрицательных температур.

8. Разработана специальная методика сбора и обработки пространственных и климатических данных на труднодоступных территориях юга Восточной Сибири, имеющих современное оледенение, основанная на полевых исследованиях, GPS-съемке, лазерном сканировании, анализе космических снимков, применении ГИС-технологий, энергонезависимых температурных датчиков (термохрон) и обобщения материалов в виде базы данных.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в рецензируемых журналах:

1. **Иванов, Е.Н.** Особенности изменения нивально-гляциальных геосистем горного обрамления юга России / Е.Н. Иванов // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2011. – № 2. – С. 90-107.

2. Шейнкман, В.С. Нивально-гляциальные явления в горах При- и Забайкалья / В.С. Шейнкман, В.М. Плюснин, **Е.Н. Иванов**, А.Д. Китов // Лед и снег. – 2011. – № 4. – С. 94-105.

3. Плюснин, В.М. Особенности формирования и динамики нивально-гляциальных геосистем на юге восточной Сибири и в Монгольском Алтае / В.М. Плюснин, А.Д. Китов, **Е.Н. Иванов**, В.С. Шейнкман // География и природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 5-18.

### Статьи, опубликованные в других журналах и сборниках:

4. **Иванов, Е.Н.** Выявление климато-экологических изменений через определение принадлежности морен ледника Азаровой (хр. Кодар) к стадиям гляциации Малого Ледникового Периода / Е.Н. Иванов // Восьмое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Материалы рос. конф. – Томск: ТГУ, 2009. – С. 61-63.

5. **Иванов, Е.Н.** Оледенение как ландшафтообразующий фактор в горах юга Восточной Сибири / Е.Н. Иванов // Динамика геосистем и оптимизация природопользования. Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 105-летию со дня рождения ак. В.Б. Сочавы. – Иркутск, 2010. – С. 96-98.

6. **Иванов, Е.Н.** Динамика нивально-гляциальных ландшафтов приграничных горных массивов южной Сибири / **Е.Н. Иванов**, А.Д. Китов, В.М. Плюснин // Социально-эколого-экономические проблемы развития приграничных регионов России-Китая-Монголии. Материалы науч.-практ. конф. – Чита: Экспресс-Издательство, 2010. – С. 42-48.

7. **Иванов, Е.Н.** Современное состояние нивально-гляциальных геосистем горных массивов юга Восточной Сибири / Е.Н. Иванов, А.Д. Китов, С.Н. Коваленко, В.М. Плюснин // Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных. Материалы IX науч. конф. по тем. картографии. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2010. – Т. 2. – С. 140-143.

8. **Иванов, Е.Н.** Гляциологический компонент туристско-рекреационного потенциала Восточно-Сибирского региона как перспективное направление эколого-

познавательного туризма / Е.Н. Иванов // Вестник кафедры географии ВСГАО. – 2011. – № 3 (4) – С. 17-20.

9. **Иванов, Е.Н.** Сравнение современных данных полевых исследований нивально-гляциальных геосистем гор юга Восточной Сибири с данными 1970-х годов / Е.Н. Иванов // Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее. Материалы XVII научной конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – С. 26-27.

10. **Иванов, Е.Н.** Динамика ледников гор юга Восточной Сибири как индикатор климатических изменений / Е.Н. Иванов // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов. Тез. докл. II междунар. конф. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2011. – С. 94-96.

11. **Иванов, Е.Н.** Гляциальные составляющие в рельефе и экзогенных процессах гор юга Восточной Сибири / Е.Н. Иванов // Рельеф и экзогенные процессы гор. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. Л.Н. Ивановского. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – С. 12-14.

12. **Иванов, Е.Н.** Рельефообразующие процессы современных нивально-гляциальных и гольцовых геосистем Сибири / Е.Н. Иванов, А.Д. Китов, В.М. Плюснин // Рельеф и экзогенные процессы гор. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. Л.Н. Ивановского. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – С. 14-17.

13. Коваленко, С.Н. Карово-троговые ступенчатые комплексы района Мунку-Сардык / С.Н. Коваленко, А.Д. Китов, **Е.Н. Иванов** // Рельеф и экзогенные процессы гор. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. Л.Н. Ивановского. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – С. 22-25.

14. **Иванов, Е.Н.** Анализ метеорологических данных на труднодоступных территориях Прибайкалья по данным дистанционного мониторинга / Е.Н. Иванов // Вестник кафедры географии ВСГАО. – 2013. – № 1-2. – С. 10-14.

15. **Иванов, Е.Н.** Мониторинг почвенной температуры горных территорий юга Восточной Сибири / Е.Н. Иванов, Н.Н. Воропай // Десятое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Тез. Рос. конф. / Под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Изд-во Аграф-Пресс, 2013. – С. 60-62.

16. **Ivanov, E.N.** Comparison of development of repeated ice wedges and glaciers under the conditions of harsh continental climate: exemplified by the Kodar range and Charskaya depression / E.N. Ivanov // TICOP: Resources and Risks of Permafrost areas in a Changing World. Vol. 4.1: Extended abstracts. – Fort Dialog-Iset: Ekaterinburg, Russia, 2012. – P. 228-229.

17. Plyusnin, V.M. Distinctive characteristics of formation and dynamics of nival-glacial geosystems in the south of East Siberia and on Mongolian Altai / V.M. Plyusnin, A.D. Kitov, **E.N. Ivanov**, V.S. Sheinkman // Geography and natural resources. – 2013. – Vol. 34. – Issue 1. – P. 1-13.

18. **Ivanov, E.N.** The changes of glaciers on northern Baikal ridges over 50 years using in-situ and remotely sensed observations [Электронный ресурс] / E.N. Ivanov, A.D. Kitov // Geophysical Research Abstracts. Vol. 15, EGU2013-153, 2013. EGU General Assembly 2013, Vienna, Austria <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2013/EGU2013-153.pdf>



---

Подписано к печати 15.11.2013 г.  
Формат 60\*84/16. Объем 1,4 п.л. Тираж 120 экз. Заказ № 614.  
Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.  
664033 г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.

