



Научная статья

УДК 551.4(571.61/.62)

DOI 10.37724/RSU.2024.84.3.018

Новые данные о распространении ледникового рельефа в Нижнем Приамурье

Алексей Николаевич Махинов¹, Александра Федоровна Махинова²

^{1,2} Институт водных и экологических проблем — обособленное подразделение
Хабаровского федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Хабаровск, Россия

¹ amakhinov@mail.ru

² mahinova@ivep.as.khb.ru

Аннотация. Рассматриваются особенности четвертичного оледенения низкогорных хребтов и массивов Нижнего Приамурья. Приводятся данные о том, что масштабы оледенения территории были более существенными, чем это считалось ранее. Выявлено два морфологических типа ледниковых каров. Показано, что природные особенности строения каров обусловлены различиями в истории формирования рельефа, разнообразием и различной интенсивностью современных рельефообразующих процессов. Установлено, что большие, резко выраженные в рельефе кары с продолжающими их короткими троговыми долинами приурочены к высоким горным массивам с отметками 1 400–1 500 м в континентальных районах Приамурья. Они имеют замкнутое пониженное днище с широким ригелем и отвесными в верхней части стенками высотой 300–400 м. Рельеф на участках распространения морен представлен двумя генерациями: сглаженной, более древней поверхностью и хаотическими нагромождениями крупных валунов последнего оледенения. Активность формирования каровых ледников во вторую эпоху похолодания объясняется использованием существующих каров для накопления в них значительного количества снега. Вблизи побережий Охотского и Японского морей ледниковый рельеф представлен в основном сильно преобразованными в результате эрозионно-денудационных процессов карами. В них отсутствуют ригели, а стенки каров отличаются меньшей крутизной. В их днищах водотоки образовали долины с невыработанным выпуклым продольным профилем, в отличие от истоков рек в водосборных воронках. Вследствие менее значительного снижения снеговой линии в направлении к морю в последнюю эпоху похолодания на горных массивах побережья ледники не формировались. В результате длительного воздействия эрозионно-денудационных процессов сохранившиеся кары подверглись существенному преобразованию, что затрудняет их идентификацию как гляциальных форм рельефа. В районах оледенения обнаружены крупные формы, образованные мерлотными процессами: нагорные террасы, туппы и каменные поля.

Ключевые слова: Нижнее Приамурье, четвертичное оледенение, ледниковый рельеф, кары, многолетняя мерзлота.

Для цитирования: Махинов А. Н., Махинова А. Ф. Новые данные о распространении ледникового рельефа в Нижнем Приамурье // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. 2024. № 3 (84). С. 156–166. DOI: 10.37724/RSU.2024.84.3.018.

New data on the distribution of glacial relief in the Lower Amur region

Aleksey N. Makhinov¹, Aleksandra F. Makhinova²

^{1,2} Institute of Water and Environmental Problems of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences — an autonomous division of Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

¹ amakhinov@mail.ru

² mahinova@ivep.as.khb.ru

Abstract. The features of Quaternary glaciation of low-altitude mountain ridges and massifs of the Lower Amur region are considered. The paper quotes data proving that the scale of glaciation of the territory was more significant than considered earlier. The research singles out two morphological types of glaciokarsts. It is shown that structural properties of the karsts are caused by differences in the history of relief formation, diversity and different intensity of modern relief-forming processes. It is established that large, sharply expressed in relief karsts with short glacial valleys continuing them are confined to high mountain massifs with elevations of 1,400–1,500 m in continental areas of the Amur region. They have a closed low bottom with a wide riegel (transverse bedrock) and steep walls (300–400 m high) in the upper parts. The relief in the areas of moraine spreading is represented by two generations: smoothed, older surface and chaotic piles of large boulders of the last glaciation. The active formation of karst glaciers during the second cooling epoch is due to existing karsts and accumulation of significant amounts of snow. Near the coasts of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan, the glacial relief is represented mainly by karsts strongly transformed as a result of erosion and denudation. They do not have riegeles, and the walls of the karsts are not so steep. In their bottoms, watercourses have formed valleys with an undeveloped convex longitudinal profile, in contrast to the river sources in drainage funnels. Due to a less significant decrease of the snow line towards the sea during the last epoch of cooling, glaciers were not formed on the mountain massifs of the coast. As a result of the long-term impact of erosion-denudation processes, the preserved karsts have undergone significant transformations, which makes it difficult to identify them as glacial landforms. Large forms shaped by permafrost processes were found in the glaciation areas: highland terraces, planation surfaces and stone fields.

Keywords: Lower Amur region, Quaternary glaciation, glacial relief, karsts, permafrost.

For citation: Makhinov A. N., Makhinova A. F. New data on the distribution of glacial relief in the Lower Amur region. *The Bulletin of the Ryazan State University named for S. A. Yesenin*, 2024; 3 (84):156–166. (In Russ.). DOI: 10.37724/RSU.2024.84.3.018.

Введение

Нижнеамурская горная система занимает обширную площадь преимущественно вдоль левого берега нижнего течения реки Амур и узкой полосой протягивается вдоль его правого берега, захватывая северную часть Сихотэ-Алиня. В орографическом плане территория представляет собой ряд субпараллельных низкогорных хребтов, разделенных межгорными впадинами и широкими долинами рек. Среди них выделяются хребты Омельдинский (максимальная высота 1 567 м), Кивун (1 372 м), Магу (1 251 м), Чаятын (1 143 м), Омальский (943 м), Мевачан (999 м) и ряд других. Вблизи морского побережья Охотского моря имеются отдельные, изолированные друг от друга, небольшие по размерам, но довольно высокие горные массивы: горы Орел (1 097 м), Чаданян (972 м), Сахарная Голова (1 044 м) и др.

Вдоль правобережья Амура и побережья Татарского пролива (Японское море) также имеется ряд коротких хребтов в пределах Северного Сихотэ-Алиня и отдельных изолированных горных массивов высотой более 900 м. Среди них — окрестности вершин гор Каменный гребень (969 м), Черемховского (1 011 м), Снежная (1 022 м), Шаман (1 181 м), Пик (1 508 м), Заоблачная (1 456 м), Мар (1 486 м) и некоторые др.

Формирование вершинного пояса гор этого региона происходило в специфических геоморфологических и климатических условиях, характеризующихся в период похолодания климата благоприятными условиями для формирования оледенения в виде небольших каровых

и карово-долинных ледников (см.: [Махинов, 2011]). В горах в это время существовали также многочисленные снежники и была широко распространена многолетняя мерзлота.

Современный климат территории характеризуется отрицательной среднегодовой температурой воздуха. В направлении с севера на юг вдоль побережий Охотского и Японского морей от села Тугур до поселка Де-Кастри среднегодовая температура воздуха изменяется от $-3,3^{\circ}\text{C}$ до $-1,3^{\circ}\text{C}$. Эти показатели являются довольно низкими для территории, расположенной между 54° и 51° с. ш. В южной части Нижнего Приамурья в горах температура с высотой снижается до $-2,5^{\circ}\text{C}$ (метеостанция Сихотэ-Алинь, высота 714 м над уровнем моря), то есть градиент составляет около $0,17^{\circ}\text{C}$ на 100 м. Следовательно, на высоте 2 000 м средняя годовая температура воздуха достигает $-4,5^{\circ}\text{C}$. Такие же температуры характерны для высоких вершин других горных хребтов и массивов Нижнего Приамурья.

В эпохи позднечетвертичных похолоданий климат в Приамурье был существенно более суровым по сравнению с настоящим временем. Среднегодовая температура воздуха была ниже на $5-10^{\circ}\text{C}$, а количество атмосферных осадков снижалось на $40-45\%$ (см.: [Ахметьева, 1977]). Рассматриваемый регион в холодные эпохи подвергался оледенению, носившему сложное пространственное распространение. В настоящее время его следы встречаются во многих горных хребтах и массивах, но занимают в целом незначительную площадь и зачастую плохо выражены в современном рельефе. Поэтому ледниковый рельеф на рассматриваемой территории остается слабо изученным по сравнению с более северными районами региона.

В последние 30 лет интерес к изучению ледникового рельефа Нижнего Приамурья резко сократился в связи со значительным уменьшением активности геологических и специализированных географических исследований в регионе. Лишь прикладные работы позволяют дополнять знания об особенностях развития рельефа рассматриваемой территории. В данной статье приводятся полученные в последние 10 лет результаты геоморфологических наблюдений в различных горных районах Нижнего Приамурья, что позволило уточнить распространение и особенности формирования позднечетвертичных оледенений в регионе.

Основная часть

Объекты и методы исследований

Изучение особенностей древнего оледенения горных территорий сопряжено с большими трудностями вследствие существенной изменчивости условий образования ледников, своеобразного состава морен и большой интенсивности экзогенных процессов в постледниковый этап развития рельефа. Поэтому использование материалов и методов геоморфологических исследований для палеогеографических выводов должно основываться на корректном подходе к пониманию механизма формирования различных форм ледникового рельефа (см.: [Ивановский, 1981]). Данный подход остается весьма актуальным в настоящее время при недостатке аналитических данных, прежде всего невозможности получения датировок крупнообломочного моренного материала, характерного для ледниковых районов рассматриваемой территории.

В последние годы, несмотря на ограниченность экспедиционных исследований, получены новые данные, дающие возможность расширить имеющиеся представления о масштабах и характере четвертичного оледенения в Нижнем Приамурье. Одним из методических приемов, позволяющих установить неоднократность оледенений в пределах единой горной страны, служит выявление ледниковых форм рельефа на относительно невысоких горных массивах, не подвергавшихся оледенению в более позднюю холодную эпоху. Находки полуразрушенных каров, значительно преобразованных эрозионными и денудационными процессами, наличие скопленных валунов размером $2-4$ м в отложениях долин ряда водотоков, берущих начало с высоких горных массивов, свидетельствуют о широком и своеобразном распространении оледенения в четвертичном периоде в регионе.

При выполнении работы использовались данные дешифрирования общедоступных космических снимков высокого разрешения. Анализировались также морфологические и морфометрические характеристики каров, полученные по крупномасштабным картам, которые позволили установить основные особенности строения этих наиболее крупных форм ледникового рельефа. Во время

экспедиционных работ оценивались особенности современных экзогенных процессов и проводилось описание гранулометрического состава моренных отложений. Определялось также наличие крупных мерзлотных форм рельефа, пространственно сопряженных с районами оледенения.

Распространение следов древнего оледенения

Следы древнего оледенения встречаются в различных горных районах Нижнего Приамурья, но в целом занимают небольшую площадь и плохо выражены в современном рельефе (см.: [Ивановский, 1981]). Впервые ледниковые формы рельефа на этой территории были выявлены в хребтах Буреинского нагорья (см.: [Саврасов, 1949]), представленные многочисленными карами, троговыми долинами и моренными отложениями. Позднее ледниковые формы рельефа были установлены в других высоких хребтах континентальной части региона: Тыльском, Баджальском, Дуссе-Алине, Тайканском и некоторых др., а также в наиболее значительных горных массивах Северного Сихотэ-Алиня (Тардоки-Яни и Ко) (см.: [Ганешин, 1959 ; Чемяков, 1961a ; Сохин, Шаров, 1968 ; Готванский, 1969 ; Рябинин, Сазыкин, 1993, 2012] и др.).

Впоследствии следы оледенения в виде преобразованных форм ледникового рельефа, прежде всего каров, были обнаружены в менее высоких горных массивах высотой более 900 м над уровнем моря. Среди них — массивы гор Орел (1 097 м), Черемховского (1 011 м), Снежная (1 022 м), Заоблачная (1 456 м), Мар (1 486 м) и некоторые др. (рис. 1).

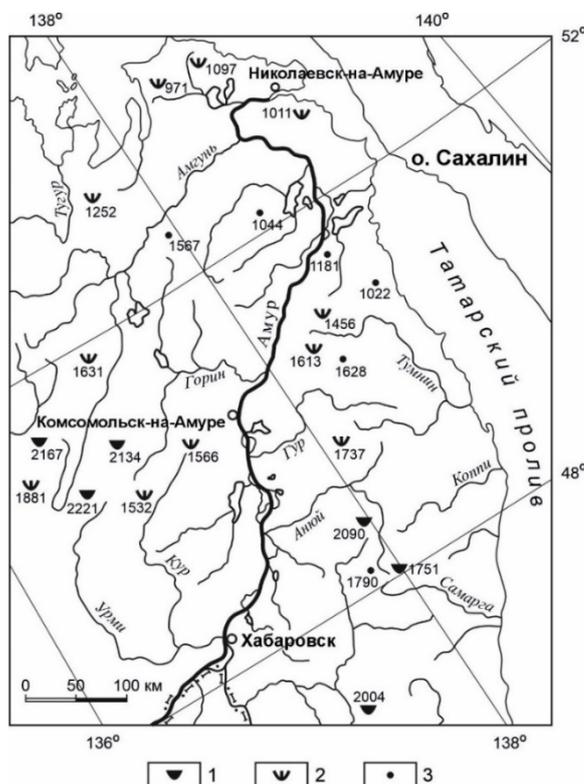


Рис. 1. Распространение следов четвертичного оледенения в Нижнем Приамурье:
 1 — резко выраженные кары; 2 — полуразрушенные кары;
 3 — высокие вершины без следов ледниковых форм рельефа

Ледниковые формы обычно встречаются в горных массивах, имеющих несколько близко расположенных высоких вершин и площадь не менее нескольких десятков квадратных километров. Отдельные горные вершины конусообразной формы (Яко-Яни (1 955 м), Пик (1 508 м), Шаман (1 181 м), Командная (1 628 м) и др.), несмотря на большую высоту, не имели условий для накопления значительных масс снега вследствие крутых склонов. По этой причине в их пределах рельеф ледникового происхождения отсутствует.

В формировании оледенения Нижнего Приамурья важное значение имело его расположение в непосредственной близости к Тихому океану. Получая значительное количество осадков по сравнению с континентальными районами Сибири, ледники дальневосточного региона на тех же широтах располагались на более низких высотных отметках. Градиент снижения снеговой границы в сторону моря был существенным. Так, например, ее высота во время максимального оледенения на широте 56–57° в глубине материка снижалась до 1 500–1 600 м, а в прибрежных районах до 500–700 м (см.: [Чемеков, 1961б]).

Особенности строения ледниковых форм рельефа

Наиболее распространенными и выразительными формами ледникового рельефа в горах Приамурья являются кары. Они имеются на многих хребтах и отдельных горных массивах. Среди каров выделяются два основных типа, существенно отличающихся морфологическими особенностями, для каждого из которых характерна определенная пространственная приуроченность в пределах рассматриваемой территории.

К первому типу относятся кары кайнотипного морфологического облика. В наиболее высоких частях северного Сихотэ-Алиня, хребтах Баджальский, Эткиль-Янканский, Тайканский и других, на абсолютных высотах более 1 800 м ледниковые формы рельефа хорошо выражены в виде глубоких каров с почти отвесными стенками, четко выраженными ригелями и моренными грядами, протягивающимися по долинам рек на сотни метров и местами на несколько километров.

На северном Сихотэ-Алине ледниковый рельеф с подобными, хорошо выраженными экзарационными формами сохранился в пределах наиболее высоких горных массивов в окрестностях вершин Тардоки-Яни (2 090 м) и Ко (2 004 м) (см.: [Ганешин, 1959 ; Готванский, Махинов, 1983]).

В горном массиве Тардоки-Яни преимущественно на северном и северо-восточном склонах выявлено 15 резко выраженных каров поперечником 1 100–1 200 м и высотой стенок 350–400 м, имеющих зазубренную форму бровок (см.: [Готванский, 1969]). В днищах некоторых каров расположены озера. Наибольшее из них, в истоке реки Бомболи, имеет размеры 200 x 80 м и глубину до 3 м. Днища каров расположены на абсолютных высотах 1 500–1 600 м.

Обширное днище кара в истоке Бомболи отделено от расположенной ниже долины ригелем высотой 10–15 м с поперечной ложбиной посередине. В долине прослеживаются две генерации морен. Сразу ниже ригеля на протяжении 5,0 км морена представлена хаотически нагроможденными глыбами гранодиоритов размером 3–4 м, образующих поперечные и продольные моренные гряды высотой до 20 м, на которых произрастает преимущественно кедровый стланник и кустарники. Характерной особенностью этих моренных отложений является полное отсутствие в них песчано-суглинистого заполнителя.

Ниже по течению в более широкой долине реки вдоль ее склонов на 2,5 км протягиваются террасоподобные поверхности с волнистым рельефом в виде слабо выраженных поперечных моренных гряд. Глыбы и валуны перекрыты слоем почвы толщиной до 1,2 м. Поверхность этой морены, имеющей более древний облик, покрыта густым елово-лиственничным лесом.

В истоках водотоков, берущих начало с массива горы Ко (2 004 м), выявлены идентичные по размерам и форме ледниковые кары, ориентированные преимущественно на север и восток (см.: [Готванский, Махинов, 1983]). Они имеют крутые склоны, подверженные интенсивным обвально-осыпным процессам, и хорошо выраженные высокие ригели. Чашеобразные днища каров расположены на высотах 1 400–1 600 м, а в продолжающих их долинах имеются две генерации моренных отложений, отделенные друг от друга крутым уступом высотой 3–4 м (рис. 2).

Аналогичные ледниковые формы рельефа обнаружены на севере Нижнего Приамурья. В центральной части Эткиль-Янканского хребта расположен возвышенный массив с максимальной высотной отметкой 1 631 м. На его юго-восточных склонах имеется несколько глубоких крутосклонных каров с днищами на абсолютных высотах 1 300–1 350 м.

К другому морфологическому типу относятся кары, расположенные на более низких горных массивах Нижнего Приамурья. Они имеют менее крутые склоны, слабо выраженное в рельефе днище с врезанным в него руслом водотока. Достаточно хорошо эти формы ледникового рельефа сохранились в окрестностях горы Черемховского и других вершинах.

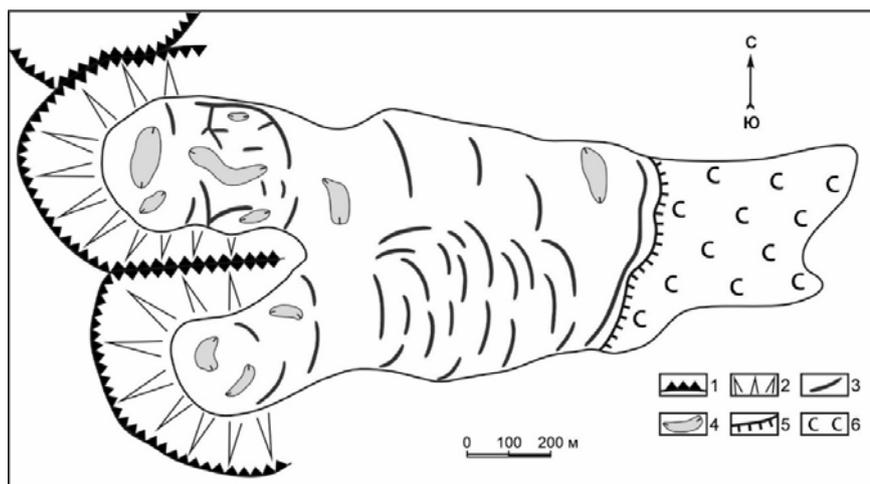


Рис. 2. Ледниковый рельеф горы Ко (Сихотэ-Алинь) в истоках реки Кафэ: 1 — резкие бровки каров; 2 — обвально-осыпные лотки и расщелины; 3 — гребни молодых моренных гряд; 4 — ложбины; 5 — уступ; 6 — пологоволнистая поверхность морены

Горный массив горы Черемховского расположен на правом берегу реки Амур вблизи ее устья. Он представляет собой компактный расчлененный долинами рек купол размером 20 x 10 км и максимальной абсолютной высотой 1 011 м (рис. 3). Здесь обнаружены преобразованные последующими экзогенными процессами ледниковые кары размером 1,1–1,4 км в поперечнике, врезанные в склоны гор на глубину 350–450 м. Три кара ориентированы на север и два — на юг. Днища каров располагаются на высотах 500–550 м над уровнем моря.

Кары горы Черемховского имеют специфические морфологические особенности, отличающие их от аналогичных форм рельефа более высоких гор в районах массивов Ко и Тардоки-Яни. В их днищах располагаются постоянные водотоки, как правило, сливающиеся из двух малых ручьев, берущих начало в разных частях единого днища кара. В своих истоках каждый такой водоток образует собственную хорошо выраженную ложбину, переходящую в долину с уклоном вниз по течению, что отличает их от замкнутых ледниковых углублений в днищах каров вершин Тардоки-Яни и Ко.

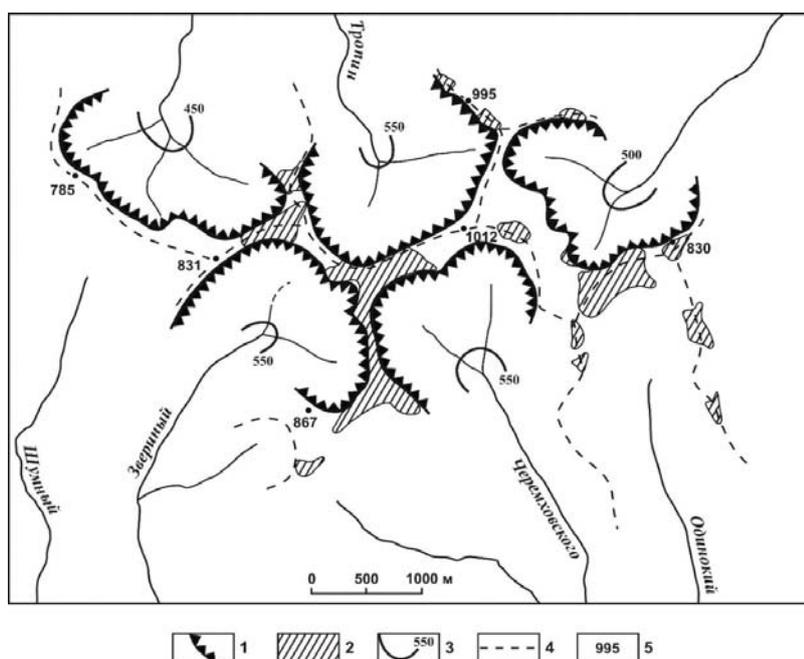


Рис. 3. Оледенение горного массива горы Черемховского: 1 — резкие бровки каров; 2 — пологие привершинные поверхности; 3 — днища каров и их абсолютные отметки; 4 — линии водоразделов; 5 — абсолютные отметки вершин и днищ каров

Во всех карах горы Черемховского отсутствуют ригели. В результате длительного развития они оказались практически полностью разрушенными, в основном за счет активного проявления эрозионно-денудационных процессов. Лишь в некоторых карах сохранились морфологически слабо выраженные в рельефе остатки ригелей в виде увалистых выступов. Кары горы Черемховского, в отличие от аналогичных образований гор Тардоки-Яни и Ко, имеют более значительные размеры, выположенные склоны и днище в виде широкой ложбины с пологими склонами (рис. 4).

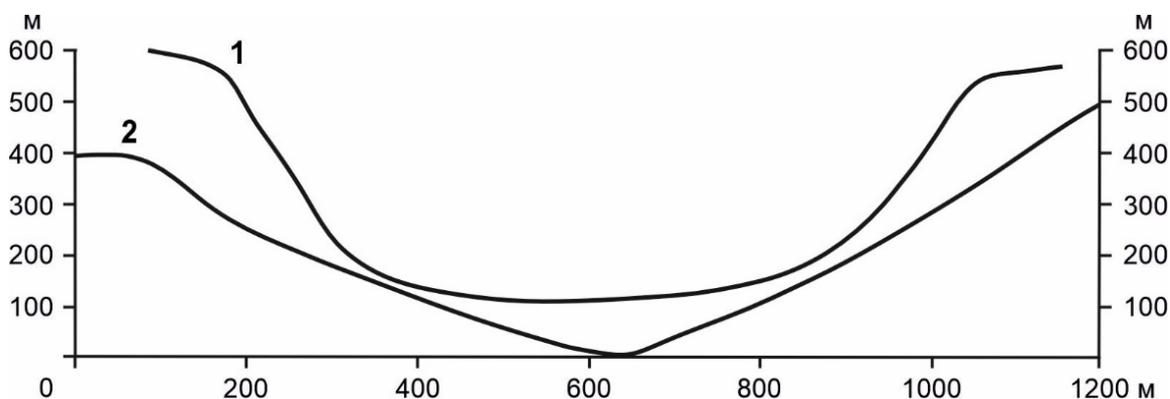


Рис. 4. Поперечные профили ледниковых каров гор Ко (1) и Черемховского (2)

На крутых склонах в карах горы Черемховского в настоящее время активно происходят обвально-осыпные процессы в результате физического выветривания пород. Интенсивность выветривания экспонированных коренных пород для территорий с умеренным климатом по имеющимся данным составляют 1–3 мм/год (см.: [Махинов, 1985]). Таким образом, за несколько десятков тысяч лет за счет отступления склонов кары могли увеличиться в размерах на 100–200 м. При этом наиболее сильно отступили скальные стенки каров. Их обвально-осыпные, почти отвесные уступы превратились в крутые, покрытые осыпями и курумами склоны с глыбисто-щербистыми шлейфами отложений у подножий.

Частично преобразованные кары подобного морфологического облика распространены в пределах других горных территорий Нижнего Приамурья непосредственно вблизи морского побережья. Они встречаются на некоторых вершинах хребта Мевачан (950–999 м). В частности, в окрестностях горы Чадаян (999 м), расположенной в осевой части хребта, следы оледенения имеются в ориентированных на восток истоках ручьев Чадай и Мангули и на север в истоке ручья Скальный (приток ручья Правый Мангули). Кароподобная форма рельефа обнаружена на восточном склоне одной из вершин вблизи горы Кутэканджа в истоке одноименного ручья. Аналогичная форма рельефа в виде широкой кароподобной воронки в истоках реки Левая Осельга находится на северном склоне горы Мангуны (815,2 м). Несмотря на низкое высотное положение изученных в этом районе каров, их ширина составляет 0,8–1,1 км. Днища разрушены более поздними эрозионными и денудационными процессами, и их остатки располагаются на высотах 500–600 м.

Ледниковые формы сохранились также в пределах изолированного горного массива горы Орел (1 097 м) общей площадью около 200 км², расположенного в 15 км к западу от побережья залива Екатерины Охотского моря. С его северного склона стекают малые водотоки бассейна реки Ул, истоки которых имеют обширные чашеобразные углубления, морфологически похожие на разрушенные ледниковые кары. На северо-восточном склоне горы Орел в истоках ручья Бирсалала кар сохранился лучше других и по форме аналогичен карам горы Черемховского.

В долинах ручьев, берущих начало в изученных горных массивах, в толще аллювиальных отложений нередко встречаются крупные, достаточно хорошо окатанные валуны размером 2–4 м в поперечнике. Они не образуют моренных отложений *in situ*, а распространены единично или в виде небольших скоплений на значительном расстоянии вниз по реке. Такие валуны обнаружены в долине реки Левый Ул ниже устья ручья Бирсалала на расстоянии 10–12 км от разрушенного ледникового кара. Валуны, состоящие из устойчивых к выветриванию горных пород, вероятно, выносились вниз по течению водными потоками при таянии ледника, а также подвергались многократному переотложению в процессе углубления долины ручья.

На северном Сихотэ-Алине имеется несколько горных массивов высотой более 1 500 м над уровнем моря, среди которых выделяются округлые вершины в истоках рек Джаур (Ивановка (1 580 м), Голая (1 744 м)), Самарга (Плато (1 755 м)), Коппи (Бо-Джауса (1 637 м)) и ряда других. На их склонах имеются формы рельефа, представляющие собой полуразрушенные ледниковые кары, открытые преимущественно в северном и восточном направлениях. Стенки их, преобразованные денудационными и эрозионными процессами, достигают высоты 200–250 м, а днища располагаются на отметках 1 400–1 500 м над уровнем моря.

Обсуждение результатов

Формирование рельефа рассматриваемой территории в позднечетвертичное и голоценовое время происходило в специфических условиях, определенных ее географическим положением в контактной зоне материка и океана, для которой характерны значительная горизонтальная (более 1,2 км/км²) и вертикальная (400–1 000 м) расчлененности рельефа, высокие колебания температур, достигающие 90 °С, и большое количество атмосферных осадков (700–1 100 мм). Вследствие этого денудационные и эрозионные процессы на территории Нижнего Приамурья характеризуются большой интенсивностью (см.: [Кривцов, 1982 ; Полунин, 1983]), что явилось основной причиной существенного преобразования ледникового рельефа — каров и моренных отложений.

Морфологический анализ каров показал, что эти крупные формы ледникового рельефа подвержены наиболее значительному преобразованию последующими экзогенными процессами в пределах относительно низких горных массивов Нижнего Приамурья. Преобразованные кары размером 1,0–1,5 км в поперечнике с днищами на высотах 500–700 м наиболее часто встречаются в массивах высотой до 1 400 м, расположенных вблизи морского побережья (вершины гор Черемховского, Заоблачная на Северном Сихотэ-Алине, гор Чаданян и Кутэканджава в хребте Мевачан, массива горы Орел и др.). При этом лишь тщательный геоморфологический анализ позволяет выявить в современных ландшафтах этой территории измененные в различной степени древние ледниковые формы.

В разрушении стенок каров велика роль денудационных процессов. Кары горы Черемховского больше в поперечнике на 150–200 м, чем резко выраженные в рельефе кары горы Ко с крутыми стенками, на которых в настоящее время активно происходят обвальнo-осыпные процессы. Сильная преобразованность каров невысоких горных массивов, достаточно глубокий врез в их днище водотоков свидетельствуют о существенно более древнем, чем позднечетвертичный, возрасте. Возможно, что такие кары — следы максимального на Дальнем Востоке оледенения, коррелирующегося с ранней фазой оледенения Сихотэ-Алиня, остатки моренных отложений которого обнаружены в окрестностях горных массивов Тардоки-Яни и Ко.

На невысоких горных массивах в континентальной части региона условия для образования ледников отсутствовали вследствие более высокого положения снеговой линии и меньшего количества атмосферных осадков с удалением от морского побережья. В более высоких горах ледниковые формы разновременных оледенений формировались в одних и тех же местах. Возникшие в раннюю холодную эпоху кары стали местом образования крупных ледников в последнюю эпоху похолодания благодаря созданным ранее условиям, а именно наличию готовых для накопления значительных ледовых масс каров (см.: [Махинов, 2011]).

Таким образом, в приморских районах Нижнего Приамурья во время последнего похолодания климата условия для образования ледников были менее благоприятны по сравнению с высокими горами, расположенными вдали от побережья, на которых отмечались обе фазы оледенения.

Некоторыми исследователями высказывается мнение о том, что активное проявление экзогенных процессов способствует формированию псевдоледниковых образований и приводит к преувеличению роли четвертичного оледенения в формировании рельефа гор южных районов Дальнего Востока, поскольку за разрушенные кары принимаются иногда обычные водосборные воронки в истоках рек (см.: [Короткий, 1984]). Однако между этими формами рельефа имеются существенные различия. Склоны полуразрушенных каров отличаются формой от склонов водосборных воронок, расположенных на южных и западных частях тех же горных массивов, на которых есть ледниковые кары. Водосборные воронки имеют прямые или слабоогнутые склоны, что обусловлено контролирующей ролью водотоков в их формировании. В карах крутые в своей верхней части

склоны имеют четко выраженную вогнутую форму с длинными пологими нижними частями. Врезающийся в ровное или пологосклонное днище кара водоток развивается за счет регрессивной глубинной эрозии и не способен полностью преобразовать поверхность, созданную экзарационной деятельностью ледника и сложной поверхностью крупноглыбовых морен. В результате такие водотоки имеют четко выраженный ступенчатый профиль, в отличие от более выработанного профиля верхних звеньев обычной эрозионной сети в низкогорьях Нижнего Приамурья.

В районах распространения ледниковых форм рельефа на склонах в верхнем поясе гор нередко встречаются реликтовые нагорные террасы с высотой уступов 6–7 м, а также тумпы и приуроченные к ним пологонаклонные поверхности шириной до 100 м. Их хорошая сохранность указывает на формирование в последний этап оледенения. Образование этих форм было связано с экзарационной деятельностью более крупных снежников по сравнению с современными. На Охотском побережье они встречаются на вершинах гор высотой более 800–850 м (см.: [Махинов, 2013]).

Заключение

Полученные в последние годы данные свидетельствуют о том, что масштабы оледенения Нижнего Приамурья были существенно большими, чем это считалось ранее. На двукратность оледенения территории указывают две генерации с резко различными формами каров. При этом предшествующее оледенение было более значительным по сравнению с последней ледниковой эпохой. Вблизи морского побережья были выявлены кары, существенно преобразованные экзогенными процессами. Небольшие каровые ледники формировались в прибрежных районах на горных массивах высотой более 900 м. В последнюю ледниковую эпоху в прибрежной части Нижнего Приамурья ледники не формировались, и, вследствие большой активности процессов физического выветривания пород и высокой подвижности рыхлых отложений на склонах, ледниковые кары интенсивно разрушались.

В континентальных районах (Буреинское нагорье, центральная часть горной системы Сихотэ-Алинь) оледенение охватывало массивы высотой более 1 600–1 800 м. Здесь формировались каровые, склоновые и карово-долинные ледники. Хорошая выраженность гляциального рельефа обусловлена неоднократностью формирования ледников в одних и тех же карах.

Последнее оледенение было менее значительным по сравнению с предшествующим, но многие уже существовавшие до него кары раннего оледенения, вследствие создания в них условий для значительного накопления снега и специфических климатических особенностей, были заполнены ледниками. В результате более древние ледниковые кары здесь были обновлены в процессе последующего оледенения.

В послеледниковые в разрушении ледниковых форм рельефа большую роль играли эрозионные и денудационные процессы. Однако их интенсивное преобразование не уничтожило основные морфологические черты, присущие наиболее выразительным гляциальным формам рельефа — крупным ледниковым карам.

Среди реликтовых форм мерзлотного рельефа в районах распространения оледенения наиболее хорошо сохранились самые крупные из них — нагорные террасы и тумпы. Одной из главных причин их сохранности являются суровые природные условия территории. Современный мерзлотный рельеф в виде бугров пучения, медальонов, солифлюкционных террас, каменных колец распространен на многих вершинах гор Нижнего Приамурья на высотах более 1 200 м.

Список источников

1. Ахметьева Н. П. Палеогеография Нижнего Приамурья. — М. : Наука, 1977. — 112 с.
2. Ганешин Г. С. Четвертичное оледенение Сихотэ-Алиня // Материалы по четвертичной геологии и геоморфологии СССР. — Л. : Гостоптехиздат, 1959. — Вып. 2. — С. 132–146.
3. Готванский В. И. Горный массив Тардоки-Яни // Геология, геоморфология, полезные ископаемые Приамурья. — 1969. — № 3 (74). — С. 159–168.
4. Готванский В. И., Махинов А. Н. Новые данные о распространении следов четвертичного оледенения на Сихотэ-Алине // Известия ВГО. — 1983. — Т. 115, вып. 2. — С. 154–159.
5. Ивановский Л. Н. Гляциальная геоморфология гор (на примере Сибири и Дальнего Востока). — Новосибирск : Наука, 1981. — 174 с.

6. Короткий А. М. Оледенения и псевдогляциальные образования юга Дальнего Востока // Плейстоценовые оледенения Востока Азии, Магадан. — 1984. — С. 174–185.
7. Кривцов В. А. Особенности строения и закономерности формирования склонов речных долин низкоргорных сооружений Нижнего Приамурья : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.04. — М., 1982. — 25 с.
8. Махинов А. Н. Формирование склонов со смещающимися базами денудации. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1985. — 124 с.
9. Махинов А. Н. Четверичное оледенение горных районов Нижнего Приамурья // Рельеф и экзогенные процессы гор. — Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2011. — С. 31–34.
10. Махинов А. Н. Современный и реликтовый мерзлотный рельеф гор Нижнего Приамурья // Фундаментальные проблемы кватера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : VIII Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода. — Ростов н/Д. : Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. — С. 438–440.
11. Полуниин Г. В. Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата. — М. : Наука, 1983. — 249 с.
12. Рябинин Е. Н., Сазыкин А. М. Роль геологического строения в развитии ледникового рельефа (на примере Буреинского нагорья) // Известия Русского географического общества. — 1993. — Т. 125, вып. 1. — С. 49–56.
13. Саврасов Н. П. О следах древнего оледенения в южной части Дальнего Востока // Вопросы географии Дальнего Востока. — Хабаровск : Дальневост. гос. изд-во, 1949. — Сб. 1. — С. 70–80.
14. Сазыкин А. М. Четверичное оледенение хребта Дуссе-Алинь // Труды Государственного природного заповедника «Буреинский». — Хабаровск : Дальневост. кн. изд-во, 2012. — Вып. 5. — С. 30–43.
15. Сохин В. К., Шаров Л. А. О горно-долинном оледенении хребта Тайканского // Проблемы изучения четвертичного периода. — Хабаровск, 1968. — С. 231.
16. Чемяков Ю. Ф. Древние оледенения Дальнего Востока СССР // Материалы по четвертичной геологии и геоморфологии СССР. — Л. : Отд. науч.-техн. информ., 1961а. — Вып. 42, № 3. — С. 139–175.
17. Чемяков Ю. Ф. Снеговая линия последнего верхнечетвертичного оледенения на юге Дальнего Востока СССР // Известия АН СССР. Сер. географическая. — 1961б. — № 6. — С. 73–87.

References

1. Akhmet'yeva N. P. *Paleogeografiya Nizhnego Priamurya* [Paleogeography of the Lower Amur Region]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 112 p. (In Russian).
2. Ganeshin G. S. Quaternary glaciation of Sikhote-Alin. *Materialy po chetvertichnoy geologii i geomorfologii SSSR* [Materials on the Quaternary Geology and Geomorphology of the USSR]. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1959, iss. 2, pp. 132–146. (In Russian).
3. Gotvanskiy V. I. The Tardoki Yani mountain range. *Geologiya, geomorfologiya, poleznyye iskopayemye Priamurya* [Geology, geomorphology, and useful minerals of Amur region]. 1969, iss. 3 (74), pp. 159–168. (In Russian).
4. Gotvanskiy V. I., Makhinov A. N. New data on the distribution of traces of Quaternary glaciation in Sikhote-Alin. *Izvestiya VGO* [Russian Geographical Society Bulletin]. 1983, vol. 115, iss. 2, pp. 154–159. (In Russian).
5. Ivanovsky L. N. *Glyatsialnaya geomorfologiya gor (na primere Sibiri i Dalnego Vostoka)* [Glacial geomorphology of mountains (Siberia and the Far East)]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1981, 174 p. (In Russian).
6. Korotkiy A. M. Glaciations and pseudoglacial formations of the southern Far East. *Pleystotsenovyeye oledneniya Vostoka Azii* [Pleistocene glaciations in East Asia]. Magadan, 1984, pp. 174–185. (In Russian).
7. Krivtsov V. A. *Osobennosti stroeniya i zakonmernosti formirovaniya sklonov rechnykh dolin nizkogornykh sooruzheniy Nizhnego Priamurya* [Features of the structure and patterns of formation of slopes of river valleys of low-mountain structures of the Lower Amur region]. Abstract of dissertation ... of candidate of geography: 11.00.04. Moscow, 1982, 25 p. (In Russian).
8. Makhinov A. N. *Formirovaniye sklonov so smeshchayushchimsya bazisami denudatsii* [Formation of slopes with shifting denudation bases]. Vladivostok, Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences Publ., 1985, 124 p. (In Russian).
9. Makhinov A. N. Quaternary glaciation of the mountainous regions of Lower Priamurye. *Relyef i ekzogennyye protsessy gor* [Relief and exogenous processes in mountains]. Irkutsk, Institute of Geology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2011, pp. 31–34. (In Russian).
10. Makhinov A. N. Modern and relict permafrost relief of the mountains of Lower Priamurye. *Fundamentalnyye problemy kvartera, itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dalneyshikh issledovaniy: VIII Vseros. soveshch. po izuch. chetvertichnogo perioda* [Fundamental problems of the Quaternary, results of study and main directions of further research: VIII All-Russian conference on the Quaternary period]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Publ., 2013, pp. 438–440. (In Russian).

11. Polunin G. V. *Ekzogennyye geodinamicheskiye protsessy gumidnoy zony umerennogo klimata* [Exogenous geodynamic processes of the humid zone in temperate climate]. Moscow, Nauka Publ., 1983, 249 p. (In Russian).
12. Ryabinin E. N., Sazykin A. M. The role of geological structure in the development of glacial relief (on the example of the Bureya Highlands). *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Bulletin of the Russian Geographical Society]. 1993, vol. 125, iss. 1, pp. 49–56. (In Russian).
13. Savrasov N. P. On traces of ancient glaciation in the southern part of the Far East. *Voprosy geografii Dalnego Vostoka* [Issues of geography of the Far East]. Khabarovsk, Far Eastern State Publ., 1949, coll. 1, pp. 70–80. (In Russian).
14. Sazykin A. M. Quaternary glaciation of the Dusse-Alin ridge. *Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Bureinskiy"* [Works from the State Nature Reserve "Bureinsky"]. Khabarovsk, Far Eastern Publ., 2012, iss. 5, pp. 30–43. (In Russian).
15. Sokhin V. K., Sharov L. A. On the mountain-valley glaciation of the Taikan Ridge. *Problemy izucheniya chetvertichnogo perioda* [Issues of studying the Quaternary period]. Khabarovsk, 1968, p. 231. (In Russian).
16. Chemekov Yu. F. Ancient glaciations of the USSR Far East. *Materialy po chetvertichnoy geologii i geomorfologii SSSR* [Materials on the Quaternary Geology and Geomorphology of the USSR]. Leningrad, Otdel. nauch.-tekhn. inform., 1961a, coll. 42, iss. 3, pp. 139–175. (In Russian).
17. Chemekov Yu. F. Snow line of the last Upper Quaternary glaciation in the south of Soviet Far East. *Izvestiya AN SSSR. Ser. Geograficheskaya* [Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Geography Series]. 1961b, iss. 6, pp. 73–87. (In Russian).

Информация об авторах

Махинов Алексей Николаевич — доктор географических наук, заместитель директора по научной работе Института водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук — обособленного подразделения Хабаровского федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Сфера научных интересов: экзогенная геоморфология, палеогеография, гидрология и водные проблемы, четвертичная геология.

Махинова Александра Федоровна — кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Института водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук — обособленного подразделения Хабаровского федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Сфера научных интересов: палеогеография, почвообразование, экзогенные процессы, картирование почв.

Information about the authors

Makhinov Aleksey Nikolaevich — doctor of geography, deputy director for Research, Institute of Water and Environmental Issues of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, an autonomous division of the Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Research interests: exogenous geomorphology, paleogeography, hydrology and water problems, Quaternary geology.

Makhinova Aleksandra Fedorovna — candidate of geography, leading researcher at the Institute of Water and Environmental Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, an autonomous division of Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Research interests: paleogeography, soil formation, exogenous processes, soil mapping.

Статья поступила в редакцию 29.06.2024; принята к публикации 02.07.2024.

The article was submitted 29.06.2024; accepted for publication 02.07.2024.