

УДК 551.435.4(571.62)

ЧЕТВЕРТИЧНОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ ХРЕБТА ЭТКИЛЬ-ЯНКАНСКИЙ (БУРЕЙНСКОЕ НАГОРЬЕ)[#]

© 2025 г. В. С. Деньга^{1,*}, А. М. Сазыкин^{2,**}¹Тихоокеанский институт географии ТИГ ДВО РАН, Владивосток, Россия²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

*E-mail: d.vova2001@bk.ru

**E-mail: sazykin.am@dvfu.ru

Поступила в редакцию 13.01.2024 г.

После доработки 19.03.2025 г.

Принята к публикации 15.04.2025 г.

Впервые проведено описание и картирование древнеледниковой морфоскульптуры (каров, цирка и ледниковых долин) хр. Эткиль-Янканский на основе дешифрирования космических снимков и полевых работ. Характер и распространение ледниковых форм на исследуемой территории существенно отличается от остальной части Буреинского нагорья. Субширотное простираание хребта наряду с муссонной циркуляцией атмосферы обусловили сильное влияние влажных и холодных воздушных масс Охотского моря, которые проникают по Эворон-Чукчагирской низменности. Ледниковые формы зафиксированы на хребте на высотах 1080–1270 м, что на 300–400 м ниже внутренних районов Буреинского нагорья. Высотное положение днищ каров соответствует уровню снеговой линии в муниканскую ледниковую эпоху (Q_{III}^2), при этом морфология и сохранность ледниковых форм свидетельствуют в пользу однократности оледенения данной территории. Отмечается широкое развитие каменных глетчеров, которые образуются как из моренного материала, трансформируя аккумулятивный ледниковый рельеф, так и из склонового, создавая псевдольдниковые образования. Ранее при геологических съемках из-за неправильной интерпретации подобных образований были завышены масштабы оледенения территории. Установлено, что площадь муниканского оледенения составляла 19,8 км², а многие ранее выделявшиеся мореноподобные образования на самом деле являются каменными глетчерами или присклоновыми шлейфами. Интерпретация отложений осложняется, с одной стороны, сходством каменных глетчеров и морен, а с другой — различиями в морфологии, зависящими от размерности обломочного материала, мощности отложений, насыщенности их водой или льдом, а также длительности преобразования исходных форм рельефа криогенными процессами.

Ключевые слова: гляциальная геоморфология; факторы оледенения; ледниковые кары; морены; каменный глетчер; поздний плейстоцен; муниканское оледенение

DOI: 10.31857/S2949178925030091

1. ВВЕДЕНИЕ

Следы четвертичного оледенения фиксируются на многих хребтах Буреинского нагорья, что хорошо видно на крупномасштабных топографических картах и космических снимках. На существование древних ледников на данной территории указывали геологи еще в 1930-х гг., а первую сводку о распространении гляциальных форм рельефа дал Н.П. Саврасов (1949), предположивший существование в регионе двух позднечетвертичных оледенений. Он же первым указал

на наличие гляциальных форм в хр. Эткиль-Янканский. В 1950–1960-е гг. изучением ледникового рельефа занимался Ю.Ф. Чемяков (1972, 1975а), выделивший четыре оледенения: киранское (Q_I), алданское, или ям-алиньское (Q_{II}), муниканское (Q_{III}^2) и селитканское (Q_{III}^4). Ледниковый генезис отложений двух первых эпох в дальнейшем опровергали многие исследователи (Шевченко, 1965; Короткий, 1968, 1984; Бредихин и др., 1986, 2021). Наличие двух позднечетвертичных оледенений у большинства ученых, в том числе и по соседним территориям, не вызывает сомнения (Денисов, 1965; Короткий, 1968, 1984; Готванский, Махинов, 1983; Рябинин, 1992; Ивашинников, 2010; Короткий и др., 2010). В 1980–1990-х гг. изучением четвертичного оледенения Буреинского нагорья занимался А.М. Сазыкин

[#] Ссылка для цитирования: Деньга В.С., Сазыкин А.М. (2025) Четвертичное оледенение хребта Эткиль-Янканский (Буреинское нагорье). *Геоморфология и палеогеография*. Т. 56. № 3. С. 492–506. <https://doi.org/10.31857/S2949178925030091>

(Рябинин, Сазыкин, 1992; Сазыкин, 1994, 2012). Им сделаны выводы о преувеличении масштабов оледенения территории многими исследователями, об обилии и разнообразии псевдогляциальных форм и двукратности оледенений позднеплейстоценового возраста. Несмотря на устоявшееся представление об ограниченности размеров двух позднеплейстоценовых оледенений на юге Дальнего Востока, периодически появляются работы, возрождающие идеи Ю.Ф. Чемякова (Себин, 2010; Махинов, 2011; Махинов, Махинова, 2024). Дискуссионность вопросов четвертичного оледенения объясняется малой изученностью труднодоступных горных территорий, бедностью органических останков в ледниковых и сопутствующих отложениях, разрушением гляциальных форм современными геоморфологическими процессами и обилием псевдоледниковых образований.

Эткиль-Янканский хребет расположен на восточном фланге Буреинского нагорья (рис. 1). По данным Ю.Ф. Чемякова (1972), здесь обнаружено более 10 каров диаметром не менее 1 км при высоте снеговой линии около 800 м и троговые долины длиной до 2–3 км.

Первые картографические данные о наличии на хребте ледниковых отложений (по фондовым материалам В.Ф. Синицкого, 1961) отражены на геологической карте ДГУ в масштабе 1:200000, составленной Н.Г. Осиповым (Геологическая ..., 1971). На ней показано 16 ареалов распространения моренных отложений. На новой геологической карте (Государственная ..., 2003) выделено 14 участков с ледниковыми отложениями (Q_{III}^{2}) и троговыми долинами длиной до 5 км (долина р. Правый Янкан). Задачами данного исследования было уточнение размеров и кратности древнего оледенения, выявление особенностей его развития и картирование гляциального рельефа.

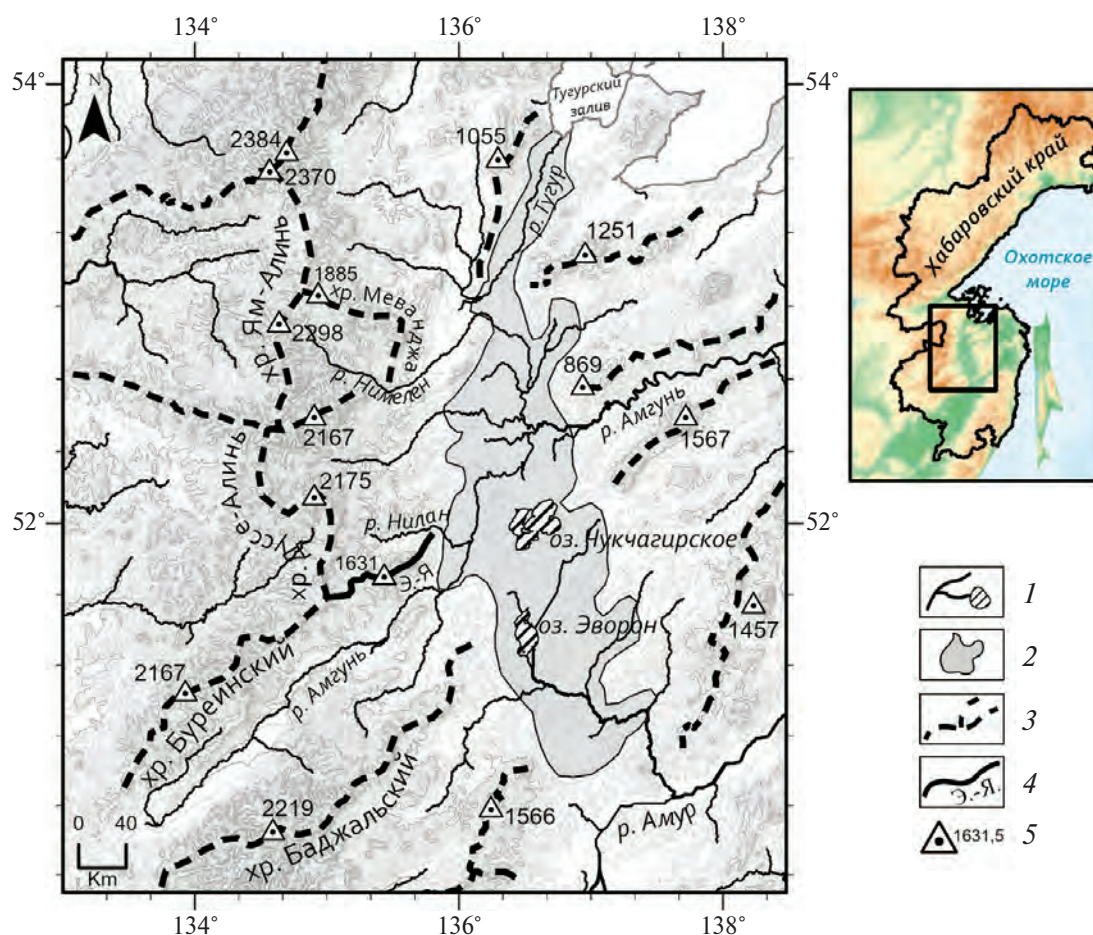


Рис. 1. Орогидрографическая схема Буреинского нагорья.

1 — гидрографическая сеть; 2 — Эворон-Чукчагирская низменность; 3 — главные водоразделы; 4 — главный водораздел хр. Эткиль-Янканский; 5 — отметки высот.

Fig. 1. Orohydrographic scheme of the Bureinsky Highlands.

1 — hydrographic network; 2 — Evoron-Chukchagirskaia lowland; 3 — main divides; 4 — main divide of the Etkil-Yankansky ridge; 5 — altitude marks.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования на хр. Эткиль-Янканский А.М. Сазыкиным проводились в 1991 г. в истоках ручьев Кривой и Подгорный и в 2009 г. в бассейнах руч. Ровенький и истоков р. Берендя, где был выявлен долинный каменный глетчер (Сазыкин, Деньга, 2023). Особое внимание уделялось аккумулятивным формам ледникового рельефа и морфологии морен в ледниковых долинах, особенностям денудации склонов перигляциальной зоны.

На исследуемую территорию — хр. Эткиль-Янканский — были изучены космические снимки сверхвысокого разрешения, полученные при съемке со спутника WorldView 3 компании Махаг за следующие даты: 11.04.2018; 30.10.2019 и 04.06.2022 (ArcGIS Living Atlas). Снимки охватывают разные участки исследуемой территории. Выбор данных дат обусловлен низкой облачностью и отсутствием устойчивого снежного покрова, мешающего дешифрированию нивально-гляциальной морфоскульптуры. Пространственное разрешение снимков (от 0.6 м до 1.2 м на пиксель) позволяет дешифровать микроформы поверхности аккумулятивных образований, в частности морен и каменных глетчеров. Дешифрирование космических снимков осложнено особенностями экзоморфогенеза ледниковых и псевдоледниковых отложений, что будет рассмотрено ниже.

Генезис форм рельефа определялся по их морфологии с использованием метода ландшафтной индикации. Моренные образования характери-

зуются пятнистым рисунком (табл. 1) аккумулятивных тел, где вершины моренных холмов, представленные тундрой, имеют светлый фон, склоны — темно-серый из-за кедрового стланика, а западины, поросшие ольхой, иногда елью, — почти черные. Каменные глетчеры характеризуются флюидальным рисунком поверхности, наличием бокового и фронтального уступов (рис. 2). Активные каменные глетчеры дешифрируются по наличию валиков напора. Экзарационные и нивальные циркуобразные формы классифицировались по размерам, высоте задней стенки, характеру днища, наличию или отсутствию в них моренных и каменноглетчерных образований.

В качестве исходных данных для морфометрического анализа использовались материалы радарной топографической съемки (SRTM) 2000 г., находящиеся в открытом доступе на сайте Геологической службы США. В работе использовалась обновленная цифровая модель рельефа (ЦМР) SRTM 1 Arc-Second Global ver. 2.1. Пространственное разрешение модели — порядка 16 м, вертикальная точность — 6 м, покрытие — от 60° с.ш. до 56° ю.ш. Информация о рельефе, полученная при обработке радарной съемки, явилась хорошим дополнением к данным, полученных нами с топографических карт масштаба 1:100000.

Для картирования территории и всестороннего изучения морфологических и динамических особенностей рельефа использованы методы дешифрирования и картографирования с использованием программы ArcGIS. Основные морфометрические

Таблица 1. Диагностические признаки аккумулятивных ледниковых и мерзлотных образований на хр. Эткиль-Янканский

Table 1. Diagnostic features of accumulative glacial and permafrost deposits of the Etkil-Yankansky Ridge

| Геоморфологическая форма | Морфология поверхности | Фронтальный уступ | Механический состав | Ландшафтно-растительные особенности |
|---|--|--|--|---|
| Морена | Волнисто-западинная | Крутизна 10–15°, вал конечной морены не выражен | Валунно-глыбовый с суглинистым заполнителем | Покрыта растительностью, имеет пятнистый рисунок |
| Трансформированная морена (отложения, в значительной степени переработанные криогенными процессами) | Мелкобугристо-ямчатая с отдельными наплывами | Слабовыраженный, плавный переход в морену. Перепад высот 2–5 м | Щебнисто-валунно-глыбовый с суглинистым заполнителем | Каменистая поверхность с редкими пятнами растительности |
| Каменный глетчер | Флюидальная структура, наличие термокарстовых воронок и просадок | Крутизна 20–30°, высота до 20 м, валики напора | Щебнисто-глыбовый на поверхности, на глубине с дресвяно-суглинистым заполнителем | Каменистая поверхность практически без растительности |

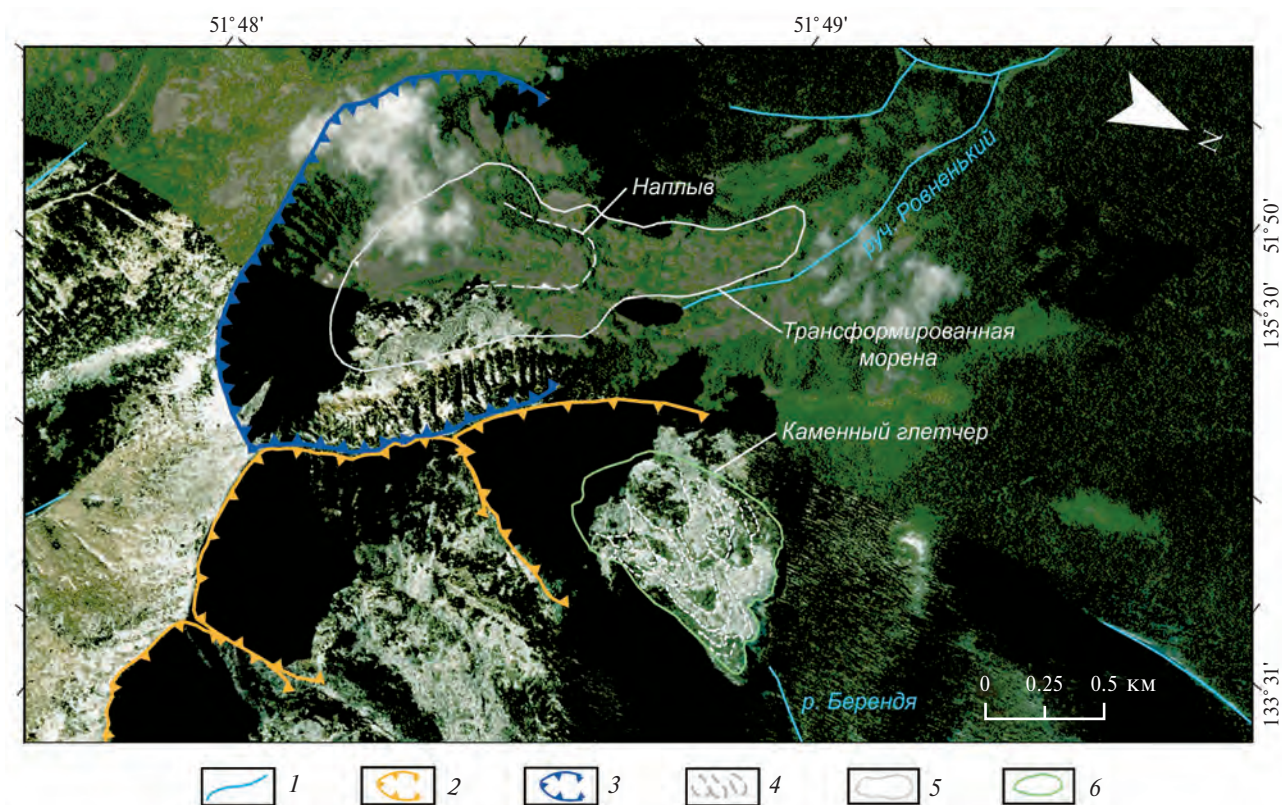


Рис. 2. Ледниковая и криогенная морфоскульптура хр. Эткиль-Янканский (верховья ручья Ровненский).

1 — речная сеть; 2 — ледниковые кары; 3 — ледниковый цирк; 4 — наплывы и флюидальные структуры; 5 — трансформированная морена; 6 — каменный глетчер.

Fig. 2. Glacial and cryogenic morphosculpture of the Etkil-Yankansky Ridge (headwaters of the Rovenky stream).

1 — river network; 2 — glacial kars; 3 — cirque; 4 — inflow and fluidal structures; 5 — transformed moraine; 6 — rock glacier.

характеристики поверхности рельефа (уклон, крутизна и кривизна) получены с помощью группы инструментов “Поверхность (Surface) в разделе “Пространственный анализ” (Spatial Analyst).

По результатам дешифрирования с учетом данных полевых исследований на снимках выделена ледниковая и псевдоледниковая морфоскульптура. Полученные данные сопоставлены с опубликованными ранее результатами исследователей по югу Дальнего Востока, что позволило утверждать об однократности оледенения и о завышении ранее его площади на территории хр. Эткиль-Янканский.

3. ФАКТОРЫ ОЛЕДЕНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ МОРФОСКУЛЬПТУРЫ хр. ЭТКИЛЬ-ЯНКАНСКИЙ

На основании анализа современных физико-географических условий юга Дальнего Востока и палеогеографических реконструкций рассмотрим климатический, орографический, структурно-

тектонический и литологический факторы, которые определяют развитие ледников и ледникового рельефа (Ивановский, 1981).

3.1. Климатический фактор

Территория расположена в пределах тихоокеанской области умеренного климатического пояса. Ее положение на стыке геосистем “материк — океан” обуславливает наличие отчетливых муссонных черт климата. Термический и ветровой режимы и годовой ход осадков находятся в зависимости от муссонной циркуляции атмосферы. Помимо этого, необходимо отметить значительное влияние Охотского моря на формирование климата Юго-Западного Приохотья и северных районов Нижнего Приамурья. Влажные и холодные охотские воздушные массы, заходя во внутренние районы Приамурья по территории Эворон-Чукчагирской низменности (“Амуро-Тугурский коридор”), затрудняют проникновение западных континентальных масс воздуха. При этом район

Шантарских островов является своеобразным региональным “полюсом холода”. В настоящее время среднегодовые температуры на равнинных участках этой территории колеблются в пределах от 0 °С до –2 °С, а в крупных горных долинах опускаются и до –4 °С. Годовая сумма осадков достигает 700–1000 мм и приходится преимущественно на теплое время (с апреля по октябрь). Твердые осадки составляют 8–10% от годовой их суммы в горных районах и 10–15% на равнинах. Снежный покров достигает мощности 40–80 см, продолжительность его залегания составляет 8–9 месяцев (с середины октября до середины июля). Максимальные снегопады приходятся на весенний период, когда происходит смена направления ветров на восточное, в это время возрастает и частота метелей. В затененных местах до конца июля могут сохраняться снежники. Мощность многолетне-мерзлых пород составляет от 25 до 50 м, а глубина сезонного оттаивания грунтов 3–4 м (Справочник ..., 1966; 1968; Научно-прикладной ..., 1992).

Основное изменение климатической обстановки в ледниковые эпохи проявлялось в значительном понижении температуры. Согласно современным палеогеографическим реконструкциям (Короткий и др., 2010), утвердилось представление о прогрессирующем похолодании климата в плейстоцене. А сокращение площади древнего оледенения на юге Дальнего Востока в конце позднего плейстоцена связано с усилением континентальности (сухости) климата в холодные эпохи с понижением температуры примерно на 5–8 °С. Современные среднегодовые температуры на высоте 1100–1200 м — в зоне максимальной концентрации ледниковых форм — в соответствии с вертикальным температурным градиентом (летом 0.5 °С /100 м, а зимой — 1 °С /100 м) составляют от –11 °С до –15 °С. Для горных районов из-за высокого альбеда снежно-ледовых поверхностей более вероятен верхний предел понижения среднегодовых температур в 8 °С. Таким образом, температуры в холодные эпохи могли составлять от –19 °С до –23 °С. Такой термический режим, безусловно, благоприятствовал существованию не только каровых, но и горно-долинных ледников.

Необходимо подчеркнуть, что климат юга Дальнего Востока, несмотря на выраженные муссонные черты, является континентальным, в годовой ритмике преобладают западные и северо-западные воздушные массы из области сибирского антициклона. Континентальность климата (Скрыльник, Скрыльник, 1976) быстро нарастает при удалении от океана и в горах. Самое низкое положение

снеговой линии в холодные эпохи наблюдалось в прибрежных горных районах.

3.2. Орографический фактор

Хребет Эткиль-Янканский входит в состав Буреинской геоморфологической провинции Баджало-Буреинской области (Ивашинников, 2010). Это преимущественно среднегорье, простирающееся от междуречья рр. Тырма и Амгунь до истоков р. Тором на 450 км и включающее хребты Буреинский, Баджальский, Дуссе-Алинь, Ям-Алинь, Тайканский и др. с отметками 2100–2300 м. Хребет Эткиль-Янканский (длина 72.5 км, ширина 10–17 км) расположен на юго-восточной периферии нагорья и имеет субширотное простираие. Преобладают высоты 1200–1400 м, максимальная отметка — 1631.5 м (г. Голец-Эткиль). Особенности четвертичного оледенения в значительной степени обусловлены характером вершинной поверхности. Хребет имеет массивно-глыбовые очертания с уплощенными и округловершинными водоразделами. Это способствует повышению роли метелевого переноса снега, приводящего к увеличению плотности нивальных форм рельефа на склонах южной экспозиции. Кроме того, на оледенение влияли расположение и морфология доледниковых отрицательных форм рельефа как мест аккумуляции снежно-фирновых масс. Известно, что более крупная эрозионно-денудационная форма рельефа в прогрессивную фазу оледенения более благоприятна для развития “малых форм” оледенения, нежели форма меньших размеров (Ивановский, 1981).

3.3. Структурно-тектонический и литологический факторы

Амплитуда воздымания гор юга Дальнего Востока за плиоцен-четвертичное время составила от 200 до 500 м (Шевченко, 1976; Ивашинников, Короткий, 2005), и это является одним из факторов появления здесь ледников только в позднем плейстоцене. Тектоническое поднятие Буреинского нагорья за поздний плейстоцен—голоцен достигало 50–100 м (Сазыкин, 1994), а периферийных районов, таких как Эткиль-Янканский хребет, — до 25 м. Соответственно, для небольших промежутков времени тектонический фактор несущественно влиял на развитие оледенения.

Хребет Эткиль-Янканский расположен в зоне сочленения Амуро-Охотской и Сихотэ-Алинской складчатых систем, которая выражена в виде Баджальской вулканоплутонической зоны. В пределах главного орогенного пояса выделяется Эльгинский интрузивный массив, сложенный позднемеловыми диоритами, грано-

диоритами и гранит-порфировыми формациями, на востоке структуры выделяется андезитовая формационная группа. На юго-западе хребта в междуречье рек Эбгунь и Эбгунь-Ниланская расположен Нилан-Сонахский интрузивный массив, представленный позднемеловыми формациями — риодацитами, дацитами, диорит-порфирами с включениями гранит-порфитов. Периферийные части хребта в основном сложены среднеюрскими алевролитами, песчаниками, туфопесчанниками (Геологическая ..., 1971; Объяснительная записка ..., 2013).

Для морфологии гляциальных форм рельефа, особенно малых, важное значение имеют структурно-геологические и литологические особенности местности: наличие разрывных нарушений, степень трещиноватости и выветрелости, денудационная устойчивость пород. Известно, что горные породы метаморфического и особенно интрузивного состава способствуют заложению классических (“устойчивых” по Л.Н. Ивановскому, 1981), т.е. хорошо выраженных ледниковых форм, в то время как в породах осадочного комплекса ледниковые кары и цирки морфологически часто хуже выражены (Ивановский, 1981; Сазыкин, 2012).

Кары нередко формируются в зонах повышенной трещиноватости, поэтому их стенки иногда совпадают с линиями тектонических нарушений. На исследуемой территории особо следует выделить кар в истоках левого притока р. Берендя, отличающийся очень крутыми, местами отвесными скальными стенками, протяженными склонами отседания и угловатостью в плане. Стенки этого кара совпадают с линиями тектонических нарушений, которые при пересечении водораздела образуют своеобразные “ворота” высотой в несколько десятков метров. Сейсмические проявления определяют поступление на нижеописанный каменный глетчер большого количества питающего его крупноглыбового обломочного материала. Территория находится в зоне влияния Пауканского глубинного разлома, являющегося границей между Монголо-Охотской и Сихоте-Алинской складчатыми системами и проходящего вдоль северного края Эткиль-Янканского хребта. По схеме сейсмического районирования территория хр. Эткиль-Янканский входит в Байкало-Становой сейсмический пояс и по последним данным относится к 7–8 бальной зоне (Объяснительная записка..., 2013; Сафонов, Нагорных, 2019). Таким образом, на морфологию каров и цирков определенное влияние оказывают денудационная устойчивость пород, дизъюнктивы различного типа, сейсмическая активность территории.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

4.1. Морфология и распространение ледниковых форм

Ледниковый рельеф хр. Эткиль-Янканский представлен карами и цирком, ледниковыми долинами и моренами. Наряду с ледниковыми выявлены и псевдоледниковые аккумулятивные и денудационные формы, а также ряд переходных образований различного генезиса, например, *нивальные ниши и кары — нивально-ледниковые кары — ледниковые кары и цирк*, встречающиеся повсеместно на территории хребта (рис. 3). Данные формы отличаются размерами, крутизной склонов, уклоном днища, мощностью и механическим составом отложений (табл. 1, 2).

4.1.1. Экзарационные формы рельефа

На территории хр. Эткиль-Янканский выявлено 10 каров и 1 цирк на высотах 1080–1270 м (рис. 3, табл. 2). В отличие от классических форм, здесь они нередко имеют в плане вытянутую, изогнутую или угловатую формы, подчиняясь морфологии исходных понижений. В среднем ширина каров составляет 0.83 км (0.6–1.17 км), высота задней стенки — от 220 до 410 м. В целом преобладают кары примерно одинаковых размеров. Задние их стенки крутые (30–45°), в карах северной экспозиции нередко очень крутые (45–60°) и иногда отвесные (60–90°), изрезаны эрозионно-денудационными лотками; стенки каров, ориентированных на юг, представлены склонами крутизной 40–50°. Днища каров хорошо выражены, они пологонаклонные, с падением высот до 100 м. С северной стороны хребта в местах схождения стенок каров и цирка формируются острые скалистые гребни. Массивность главного водораздела не способствовала образованию карлингов, подобные формы можно увидеть только в верховьях р. Берендя. Ниже каров, в верховьях некоторых рек и ручьев находятся ледниковые долины с уплощенными днищами, перекрытыми маломощным (до 10 м) чехлом морены. В истоках ручья Ровенький находится самая крупная экзарационная форма — цирк, образовавшийся в результате слияния двух каров (ее длина — 1.36 км, ширина — 1.25 км).

Кроме ледниковых каров на южном макросклоне встречаются водосборные воронки со следами нивальных процессов. Наличие снежников и следов нивального забоя указывает на активность данных процессов и в настоящее время. В отличие от каров широкие водосборные воронки характеризуются отсутствием выраженного пологонаклонного днища, маломощностью рыхлых отложений, сужением в устьевой части. В целом нивальные ниши и кары имеют более сглаженные

Таблица 2. Диагностические признаки нивальных и экзарационных образований
Table 2. Diagnostic features of nivation and exaration patterns

| Форма (количество) | Ширина, км | Высота задней стенки, м | Характер днища | Крутизна склонов, град. | Отложения |
|-----------------------------|------------|-------------------------|--|-------------------------|-----------------------------------|
| Нивальная ниша (2) | 0.2–0.3 | 50–120 | Пологонаклонное, нередко прорезано эрозией | 20–30 | Нивальный мелкозем |
| Нивальный кар (5) | 0.5–1.2 | 110–220 | Пологонаклонное, прорезанное эрозией или преобразованное в водосборную воронку | 25–35 | Материал вынесен |
| Нивально-ледниковый кар (1) | 0.8 | 200 | Пологонаклонное, прорезанное эрозией | 30–40 | Фрагментарно сохранившаяся морена |
| Ледниковый кар (10) | 0.6–1.17 | 230–430 | Уплощенное | 35–50 | Морена |
| Ледниковый цирк (1) | 1.25 | 340 | Уплощенное | 40–60 | Морена |

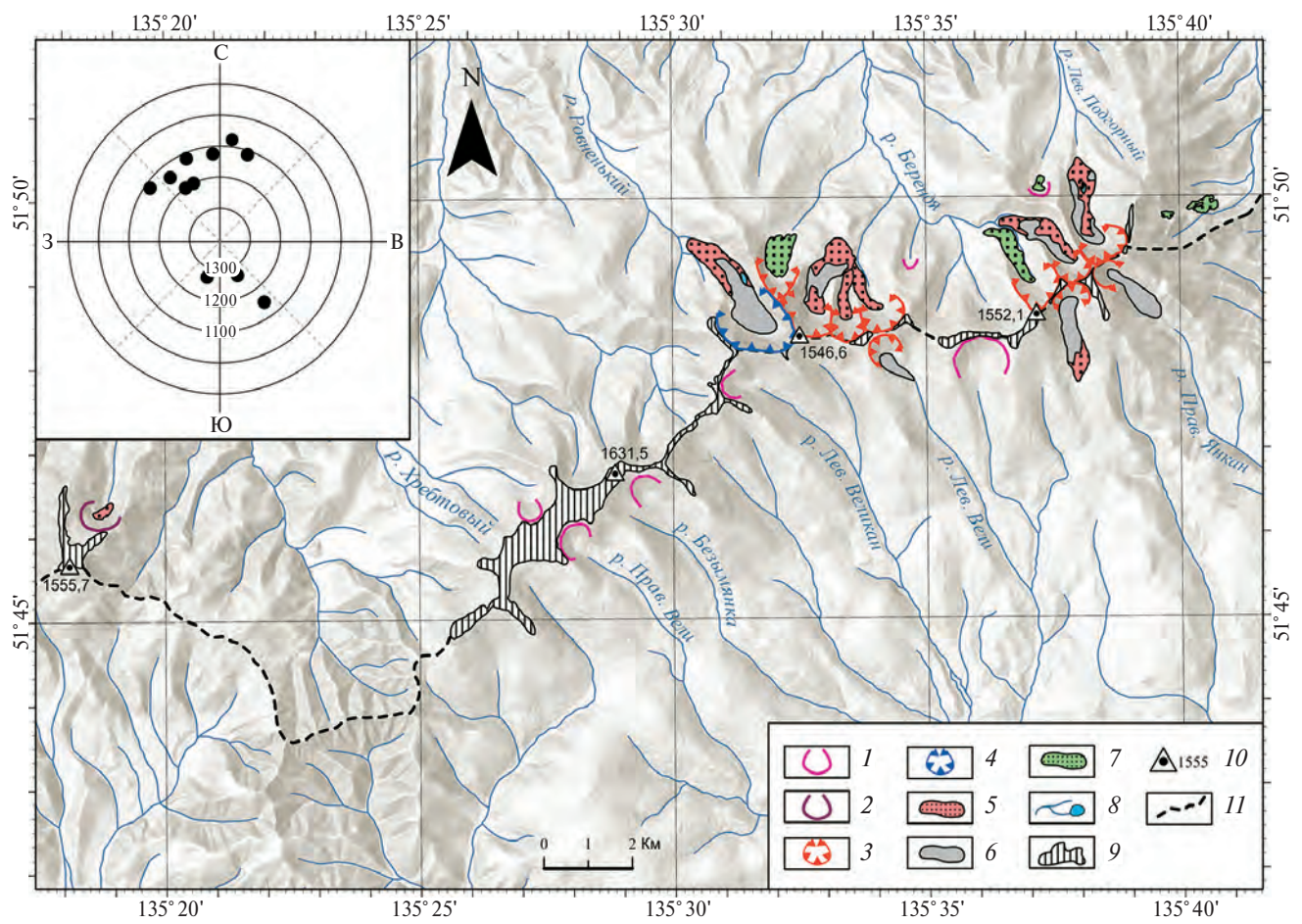


Рис. 3. Карта ледниковых и псевдоледниковых форм рельефа хр. Эткиль-Янканский и диаграмма высотного положения и ориентировки каров по сторонам света.
1 — нивальные кары и ниши; 2 — нивально-ледниковый кар; 3 — ледниковые кары; 4 — ледниковый цирк; 5 — морены; 6 — трансформированные морены; 7 — каменные глетчеры; 8 — гидрографическая сеть; 9 — поверхность гольцовой планации; 10 — основной водораздел; 11 — отметки высот.
Fig. 3. Map of the glacial and pseudo-glacial landforms of the Etkil-Yankan Ridge and polar diagram of the altitudinal location and orientation of cirques by cardinal points.
1 — nivation kars and hollows; 2 — nival-glacial cirque; 3 — glacier kars; 4 — cirque; 5 — moraines; 6 — transformed moraines; 7 — rock glaciers; 8 — hydrographic network; 9 — altiplain surface; 10 — main divide; 11 — altitude marks.

очертания, чем ледниковые кары, их ширина колеблется в широком диапазоне — от 0.15 км до 0.9 км. Самая крупная нивальная форма образована в водосборной воронке левого притока ручья Левый Вели.

На исследуемой территории не наблюдаются вложенные кары и каровые лестницы, что также свидетельствует в пользу однократности оледенения. Однако в западной части хребта у высотной отметки 1555.7 м расположен нивально-ледниковый кар (0.8 км в диаметре), который, судя по нечетко выраженному вытянутому и пологому днищу, развивался по принципу “неустойчивого” (по Л.Н. Ивановскому, 1981). Выше него расположена нивально-денудационная воронка (0.2 км в диаметре), морфологически близкая к нивальной нише. Можно предположить, что при понижении границы хионосферы здесь может произойти формирование каровой лестницы.

Во время похолодания (предположительно в среднем плейстоцене) на территории происходило формирование поверхностей нивальной (гольцовой) планации (Тимофеев, 1986). Последние узкой полосой протягиваются вдоль линии водораздела на высотах 1500–1600 м почти по всей длине хребта. Ширина выровненных поверхностей обычно составляет до 0.2 км, но вблизи высшей точки хребта (1631.5 м) достигает 0.9–1.0 км. Приводораздельная часть хребта широкая, уплощенная, местами слегка заболоченная.

Ориентировка и высотное положение каров на хр. Эткиль-Янканский резко отличаются от ситуации, типичной для большинства горных хребтов Буреинского нагорья (Сазыкин, 1994, 2012). Северную экспозицию имеют 75% каров, остальные 25% открываются на юг. Кары южной экспозиции располагаются в среднем на 100 м выше таковых северной экспозиции. Это объясняется замедленным таянием снега на теневых склонах гор. Наличие каров на южном макросклоне связано с метелевым переносом, чему благоприятствовали массивные и уплощенные водоразделы. Следы современного нивального забоя часто можно наблюдать в привершинной части склона вдоль перегиба поверхности нивальной планации. В нивальных нишах и карах южного макросклона типичны травяные лужайки, указывающие на длительное сохранение снежников. Интересно, что следы современного нивального забоя отсутствуют на стенках ледниковых каров северной экспозиции.

Переработанные ледниками речные долины на исследуемом хребте не имеют типичной формы трогов. Они широкие, но склоны их относительно пологие, без явных следов ледниковой деятельности. Протяженность ледниковых до-

лин 1.0–2.0 км. Резких изменений крутизны их продольного профиля не наблюдается. Следует иметь в виду, что абс. высоты местности небольшие (1460–1631 м), поэтому продольный профиль рек к началу оледенения уже был достаточно выработанным. Таким образом, широкое и плоское днище — это результат заполнения речной долины моренным материалом. Протяженность ледников могла быть и меньше, так как нередко последующее преобразование морен в каменные глетчеры приводило к перемещению ледникового материала вниз по долине.

4.1.2. Аккумулятивные формы рельефа

На хребте почти не наблюдается морфологически типичных для Буреинского нагорья морен (Сазыкин, 1994, 2012), которые представляют собой холмы и гряды (высотой до 5 м) со склонами, покрытыми кедровым стлаником, при этом вершины преимущественно заняты травяно-кустарничковой тундрой, а западины — елово-березово-ольховым криво- и низколесьем. Поверхностные отложения таких морен представлены дресвяно-щебнистым материалом с суглинистым заполнителем, а крупнообломочный материал вскрывается только при их размыве. По петрографическому составу моренный материал большинства хребтов нагорья представлен преимущественно позднемеловыми интрузивными породами (граниты, диориты и порфиристы). Морены, сложенные осадочными породами, — мелкообломочные, с высоким содержанием суглинистого заполнителя; холмисто-грядово-западинный рельеф морфологически выражен хуже, склоны и вершины холмов покрыты кустарником, понижения заняты лугами.

На Эткиль-Янканском хребте осадочные породы (юрские и частично раннемеловые песчаники, алевролиты, конгломераты, туфы) встречаются только на его восточной периферии. Морены здесь представляют собой маломощные образования, имеющие волнистые наклонные поверхности, сливающиеся с нижерасположенными склоновыми шлейфами. Эти шлейфы на геологической карте (Государственная ..., 2003) ошибочно отнесены к гляциальным формам. Образования, сложенные интрузивными породами, нередко с поверхности представлены развалами крупнообломочного материала с глубокими пустотами. На наш взгляд, это связано с их активным преобразованием в холдную эпоху селитканского времени (Q_{III}^4).

Ранее на геологических картах (Геологическая ..., 1971; Государственная ..., 2003) в ледниковых карах и цирке и в истоках некоторых рек Эткиль-Янканского хребта были выделены морены,

однако при анализе морфологии рельефа при изучении космических снимков и полевых исследованиях мы пришли к выводу, что одна часть "морен" представляет собой присклоновые шлейфы, а другая является каменными глетчерами или моренами, преобразованными мерзлотными процессами. Так, в истоках ручья Правый Подгорный располагается нивально-денудационная воронка, в днище которой расположен эмбриональный

каменный глетчер, а у левого борта долины находится коллювиальный шлейф. Ранее при геологической съемке (Государственная ..., 2003) они интерпретировались как единое моренное тело.

В истоках левого притока р. Берендя у отметки 1450 м находится ледниковый кар, где произошло преобразование морены в каменный глетчер (рис. 4). Этому способствовало интенсивное поступление материала со склонов кара, которые

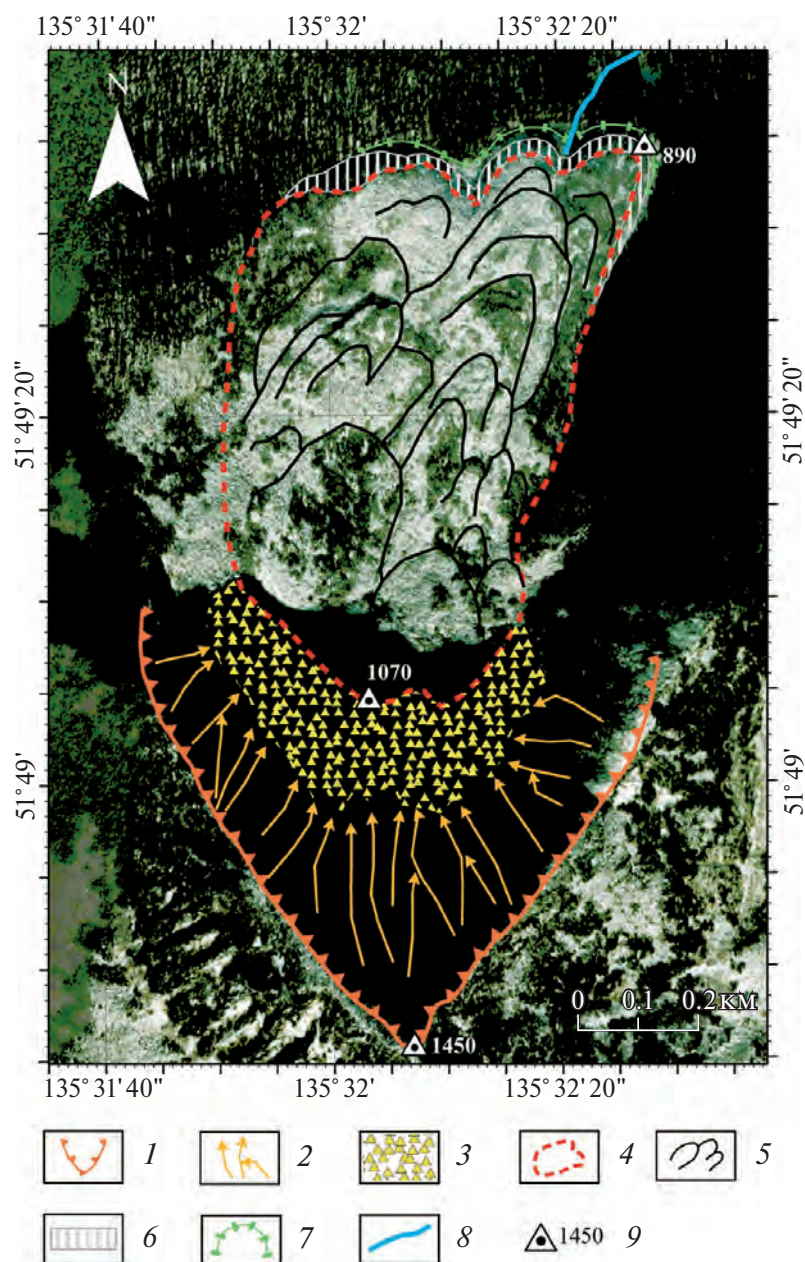


Рис. 4. Дешифрирование каменного глетчера в истоке левого притока р. Берендя.

1 — ледниковый кар; 2 — осыпные лотки; 3 — коллювиальный шлейф; 4 — граница каменного глетчера; 5 — флюидальные структуры; 6 — фронтальный уступ; 7 — валики напора; 8 — приток реки Берендя; 9 — отметки высот.

Fig. 4. Interpretation of the rock glacier at the upper course of the left tributary of the Berendya River.

1 — glacier kar; 2 — scree troughs; 3 — colluvium; 4 — surface of active rock glacier; 5 — fluid structures; 6 — front scarp; 7 — pressure rollers; 8 — tributary Berendya; 9 — altitude marks.

ориентированы по линиям локальных тектонических разломов на ССВ. Подножье фронтального уступа каменного глетчера находится на абс. отметках 890–900 м (Сазыкин, Деньга, 2023). За исток каменного глетчера принята граница перехода коллювия во вспученное состояние (Горбунов, 1989, 1988; Галанин, 2009). Этот переход выражен в виде серповидного понижения у подножья задней стенки кара (высота 1070 м). Длина каменного глетчера от его истока до фронтального уступа — 950 м, ширина — 500–600 м. Фронтальный уступ имеет высоту от 12 до 20 м при крутизне 20–30°. У подножья фронтального уступа выделяются валики напора, которые кулисообразно тянутся вниз по долине. С поверхности каменный глетчер сложен крупноглыбовым материалом размером от 3 до 10 м в поперечнике, обломки разделены зияющими пустотами. Эти пустоты и валики напора указывают на то, что каменный глетчер сохраняет свою активность, хотя скорость его движения очень мала. На космическом снимке хорошо видна гофрированность (флюидальность) поверхности, вызванная движением каменного глетчера. Косвенным указанием на наличие льда в его теле служит ручей, выходящий из-под фронтального уступа.

На поверхности морен, особенно присыпанных коллювием, нередко можно наблюдать признаки криогенного движения материала поверхностного слоя морены аналогично каменным глетчерам — наплывы. Это происходит благодаря насыщению коллювия и верхнего слоя морены водой, что приводит к пучению отложений при промерзании. Такие морены на карте отмечены нами как трансформированные, они расположены в истоках рек Берендя, Левый Подгорный, Правый Янкан, Лесосечная и ручья Ровненький.

Характерной чертой территорий, подвергавшихся оледенению, является наличие озер. На хр. Эткиль-Янканский они расположены в пределах ледниковых долин. Так, в долине, идущей от цирка у высоты 1540 м, расположено озеро длиной 300 м. Его контуры четкие, побережье сложено крупнообломочным материалом, который образовался в результате вымывания мелкозема из отложений морены. В другой котловине (длиной 300 м) наблюдается цепочка подпрудных озер, отделенных друг от друга узкими грядами. По периметру озер расположена полоса осушки шириной 2–10 м, что говорит о колебании уровня воды. Длина крупнейшего из этих озер достигает 170 м, глубина более 2 м. Образование озер связано как с неравномерностью накопления моренных отложений, так и с подпруживанием эмбриональным каменным глетчером, формирующимся

за счет коллювия, поступающего из денудационной воронки на восточном склоне.

4.2. Масштабы и кратность оледенения

На Буреинском нагорье фиксируется два позднечетвертичных оледенения (Рябинин, Сазыкин, 1992; Рябинин, 1994; Сазыкин, 1994, 2012; Ивашинников, 2010) с максимумом, соответствующим началу позднего плейстоцена. Общая площадь *первого (муниканского)* позднеплейстоценового оледенения Буреинского нагорья составляла примерно 5.5 тыс. км² (Сазыкин, 1994). Крупные ледниковые узлы располагались на хребтах Баджальском, Буреинском, Дуссе-Алинь, Ям-Алинь, Эзоп и Тайканском. На Тайканском хребте магистральные троговые долины в этот период достигали 28 км, а вместе с притоками — более 100 км. Средняя высота днищ каров муниканского времени составляет: Дуссе-Алинь — 1500–1600 м, Буреинский хр. — 1550–1600 м, Баджальский — 1600–1650 м (Сазыкин, 1994). В пределах одной экспозиции разброс высотного положения каров всего 20–30 м, реже 100 м.

Масштабы *второго (селитканского)* оледенения были гораздо скромнее: его площадь составляла лишь 10–30% от площади первого в зависимости от высот и размеров хребтов. Следы селитканского оледенения в южной части Буреинского нагорья (Баджальский, Буреинский хребты) встречаются только в районах с абс. высотами более 2000 м при высоте снеговой линии 1600–1770 м.

На этом фоне размеры оледенения Эткиль-Янканского хребта кажутся незначительными — 19.8 км². В отличие от других территорий здесь фиксируются следы только одного этапа оледенения. Для хр. Эткиль-Янканский характерны низкие абс. отметки днищ каров — 1080–1270 м и большой размах их высотного интервала по сравнению с центральными районами Буреинского нагорья. Для северного макросклона хребта уровень снеговой границы — 1100 м, а южного — 1200–1240 м. Такое распределение позволяет, на наш взгляд, соотнести его с уровнем снеговой границы муниканской эпохи (Q_{III}^{2}) (Чемеков, 1975а; 1975б), или лазовского времени (Короткий и др., 1980), что соответствует MIS 4 глобальной морской изотопно-кислородной шкалы (Карта ..., 2014). Таким образом высота снеговой линии на хр. Эткиль-Янканский в этот период была примерно на 500 м ниже центральных районов Буреинского нагорья.

Разница в высоте снеговой линии начала (Q_{III}^{2}) и конца позднего плейстоцена (Q_{III}^{4}) на Буреинском нагорье в среднем составляла 150–200 м (Сазыкин, 1994), т.е. высота снеговой линии

в селитканское время на северном макросклоне Эткиль-Янканского хребта должна была быть 1300 м, на южном — 1500 м. При этом в районе распространения ледниковых форм рельефа преобладающие высоты вершинной поверхности хребта составляют всего 1450–1550 м, что явно недостаточно для появления здесь ледников в конце позднего плейстоцена. Единственное образование, которое можно отнести к селитканскому времени — нивальная ниша в стенке кара около вершины с отметкой 1555.7 м. Следовательно, можно заключить, что на таком невысоком хребте как Эткиль-Янканский условия для образования селитканского оледенения отсутствовали. Это подтверждается наличием одной генерации морен и отсутствием лестницы каров. В холодную эпоху селитканского времени происходило частичное нивальное обновление стенок ледниковых каров и цирка и активизация криогенных процессов.

Однократность оледенения Эткиль-Янканского хребта, по-видимому, обусловлена несколькими причинами. Исходя из расчетов (Ивашинников, Короткий, 2005), скорости его вертикальных движений были незначительны — менее 1 мм/год, поэтому хребет достиг отметок высот, благоприятных для развития оледенения, только в начале позднего плейстоцена. Однако уже во второй половине позднего плейстоцена в связи с общей континентализацией климата селитканское оледенение (Q_{III}^4) фиксировалось лишь в районах с абс. высотами более 2000 м, т.е. гораздо выше Эткиль-Янканского хребта. В селитканское (партизанское) время при интенсивном похолодании с иссушением климата (Чемеков, 1975а; Короткий и др., 1980; Короткий и др., 2010; Себин, 2010, Махинов, Махинова, 2024) произошла максимальная регрессия Охотского моря. Ледовый покров и отступление берега более чем на 200 км и привели к уменьшению поступления твердых осадков, несмотря на общее увеличение среднегодового количества осадков. Континентализация климата обусловлена усилением зоны влияния сибирского антициклона на территорию Буреинского нагорья (Короткий и др., 2010). Это определило ослабление затoka воздушных масс во внутренние районы Эворон-Чукчагирской низменности, и как следствие, более высокое положение нижней границы хионосферы (Махинов, Махинова, 2024). В предыдущую ледниковую эпоху (Q_{III}^2) регрессия моря и интенсивность ледового покрова Охотского моря были меньше, следовательно, и континентальность климата (Короткий и др., 2010).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, влияние охотоморских воздушных масс обусловило специфичность проявления ледниковых, нивальных и криогенных процессов в пределах хр. Эткиль-Янканский. Это сказалось на высоте и ориентировке каров, морфологии ледниковых и нивальных форм и активности образования каменных глетчеров в послеледниковое время. Рельеф данной территории существенно отличается от остальной части Буреинского нагорья. В частности, высотное положение ледниковых форм рельефа здесь на 300–400 м ниже, чем в центральных хребтах Буреинского нагорья. Сохранились следы только одного оледенения, соответствующего муниканской эпохе (MIS 4), или лазовскому горизонту стратиграфической шкалы Приморья.

Использование методов дешифрирования и картографирования особенностей ледниковой скульптуры позволяет точнее интерпретировать отложения различного генезиса. В результате дешифрирования космических снимков установлено, что на территории хр. Эткиль-Янканский отмечается разнообразие нивально-ледниковых форм рельефа — от нивальных ниш, развитых по его периферии, до крупных ледниковых каров. Общая площадь горного оледенения, возникшего в начале позднего плейстоцена, составляет 19.8 км² при длине ледниковых долин до 2 км. Установлено, что многие морены испытали процесс трансформации их поверхностного слоя. Конечным результатом этих изменений стало формирование криогенных каменных глетчеров, морфология поверхности которых отлична от ледниковых аккумулятивных образований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бредихин А.В., Каревская И.А., Лебедева Е.В. (2021) Западное Приохотье: строение и развитие рельефа. М: Медиа-Пресс. 300 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.igras.ru/2858> (дата обращения: 10.01.2024)
- Бредихин А.В., Каревская И.А., Лебедева Е.В. (1986) Геоморфологическая корреляция отложений “Киранской толщи” в Приохотье. В сб.: *Всесоюзное совещание по проблеме геоморфологической корреляции. XVIII пленум Геоморфологической комиссии АН СССР*. Тбилиси. С. 190.
- Галанин А.А. (2009) Каменные глетчеры Северо-Востока России: строение, генезис, возраст, географический анализ. Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Владивосток: ТИГ ДВО РАН. 42 с.
- Геологическая карта СССР. Серия Хингано-Буреинская. М-53-IV. 1:200000. (1971) Под. ред. Э.П. Хохлова. Л.: Дальневосточное геологическое управление. 1 л.
- Глушкова О.Ю. (2011) Особенности оледенения Корякского нагорья. В сб.: *Рельеф и экзогенные про-*

- цессы гор. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН. С. 9–12. [Электронный ресурс]. URL: http://irigs.irk.ru/docs/geomorphology/Irkutsk_Geomorphology_2011_T2.pdf. (дата обращения: 10.01.2024)
- Горбунов А.П. (1988) Каменные ледники. Новосибирск: Наука. 111 с.
- Горбунов А.П. (1989) Каменные глетчеры гор Средней Азии. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР. 164 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации Серия Комсомольская. М-53-IV (Березовый). 1:200000. (2003). Под. ред. М.Т. Турбина. М.: ФГУГП “Хабаровскгеология”. 4 л.
- Готванский В.И., Махинов А.Н. (1983) Новые данные о распространении следов четвертичного оледенения на Сихоте-Алине. *Известия ВГО*. Т. 115. Вып. 2. С. 154–158.
- Денисов Е.П. (1965) К вопросу об оледенении Северной Кореи. *Записки Приморского филиала Географического общества Союза ССР*. Т. XXIV. Вып. 1. С. 113–114.
- Ивановский Л.Н. (1981) Гляциальная геоморфология гор (на примере Сибири и Дальнего Востока). Новосибирск: Наука. 174 с.
- Ивашинников Ю.К. (2010) Физическая география и природные ресурсы Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 340 с.
- Ивашинников Ю.К., Короткий А.М. (2005) Неотектоника и палеогеография кайнозоя Азиатско-Тихоокеанской переходной зоны. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 388 с.
- Каревская И.А., Лебедева Е.В., Бредихин А.В. (1989) Корреляция рыхлых отложения и развитие речных долин Западного Приохотья в среднем плейстоцене. В сб.: *Проблемы геоморфологической корреляции*. М.: Наука. С. 135–144.
- Карта четвертичных образований территории Российской Федерации. 1:2500000 (2014). Под ред. О.В. Петрова, А.Ф. Морозова, А.С. Засторожнова и др. М.: ВСЕГЕИ, ВНИИОкеанология. 1 л.
- Короткий А.М. (1968) О развитии четвертичных оледенений в Сихоте-Алине. В сб.: *Вопросы геологии и океанологии Советского сектора Тихоокеанского подвижного пояса*. Владивосток: СО АН СССР. С. 32–36.
- Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. (1980) Четвертичные отложения Приморья. Стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука. 234 с.
- Короткий А.М. (1984) Оледенения и псевдогляциальные образования юга Дальнего Востока. В сб.: *Плейстоценовые оледенения Востока Азии*. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР. С. 174–185.
- Короткий А.М., Скрыльник Г.П., Коробов В.В. (2010). Тенденции изменения природной среды и возможные сценарии ее развития на юге Дальнего Востока. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. № 6. С. 3–16.
- Махинов А.Н. (2011) Четверичное оледенение горных районов Нижнего Приамурья. В сб.: *Рельеф и экзогенные процессы гор*. Иркутск: изд-во ИГ СО РАН. С. 31–34.
- Махинов А.Н., Махинова А.Ф. (2024) Новые данные о распространении ледникового рельефа в Нижнем Приамурье. *Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина*. № 3 (84). С. 156–166.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР (1992) Вып. 25 (Хабаровский край и Амурская область). Серия 3. Ч. 1–6. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат. 280 с.
- Объяснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации (2013). Серия Комсомольская. М-53-IV (Березовый). 1:200000. М.: МФ ВСЕГЕИ. 213 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://geo.mfvsegei.ru/200k/m-53/m-53-4/index.html> (дата обращения: 10.01.2024).
- Рябинин Е.Н. (1992) Закономерности развития природной среды Буреинского нагорья. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Санкт-Петербург: РГПУ им. А.И. Герцена. 17 с.
- Рябинин Е.Н., Сазыкин А.М. (1992) Вопросы геоморфологии хребта Ям-Алинь. В сб.: *Вопросы географии и геоморфологии Советского Дальнего Востока*. Владивосток: Изд-во ДВГУ. С. 139–149.
- Саврасов Н.П. (1949) О следах древнего оледенения в южной части Дальнего Востока. В сб.: *Вопросы географии Дальнего Востока*. Вып. 1. Хабаровск: Дальгиз. С. 70–80.
- Сазыкин А.М. (1994) Гляциальная геоморфология Буреинского нагорья. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток: ТИГ ДВО РАН. 1994. 24 с.
- Сазыкин А.М. (2012) Четвертичное оледенение хребта Дуссе-Алинь. В сб.: *Труды государственного природного заповедника “Буреинский”*. Вып. 5. Хабаровск: Дальневосточное изд-во. С. 30–43. [Электронный ресурс]. URL: https://www.andreysazykin.com/_files/ugd/d63c38_415a0944ab894e6ab9311d0956a272cd.pdf (дата обращения: 10.01.2024)
- Сазыкин А.М., Деньга В.С. (2023) Каменные глетчеры Буреинского нагорья. *Записки Общества изучения Амурского края*. Т. XLVIII. С. 109–117. <https://doi.org/10.24866/0891-6>
- Сафонов Д.А., Нагорных Т.В., Коваленко Н.С. (2019) Сейсмичность региона Приамурье и Приморье. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН. 104 с.
- Себин В.И. (2010) Рельеф и позднеплейстоценово-голоценовая история развития хребтов Ям-Алинь и Эзоп. *Краеведение Приамурья*. № 3(12). С. 104–118.
- Скрыльник Г.П., Скрыльник Т.А. (1976) Характеристика континентальности климата Дальнего Востока. В сб.: *География и палеогеография климатоморфогенеза*. Владивосток: ТИГ ДВНЦ АН СССР. С. 46–51.
- Справочник по климату СССР. Вып. 25 (Хабаровский край и Амурская область). Часть 2 (Температура воздуха и почвы). (1966). Под. ред. Л.Б. Морозова. Л.: Гидрометеиздат. 312 с.
- Справочник по климату СССР. Вып. 25 (Хабаровский край и Амурская область). Часть 4 (Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров). (1968). Под. ред. Л.Б. Морозова. Л.: Гидрометеиздат. 276 с.

- Тимофеев Д.А. (1986) Терминология перигляциальной геоморфологии. М.: Наука. 228 с.
- Чемяков Ю.Ф. (1972) Проблемы четвертичного оледенения. В сб.: *Геология Северо-Восточной Азии*. Том 1. Геоморфология. Л.: Недра. С. 93–129.
- Чемяков Ю.Ф. (1975а) Западное Приохотье. М.: Наука. 123 с.
- Чемяков Ю.Ф. (1975б) Дискуссионные проблемы стратиграфии четвертичных отложений Дальнего Востока СССР и сопредельных территорий. В сб.: *Проблемы изучения четвертичного периода*. М.: Наука. С. 12–20.
- Шевченко В.К. (1965) Древнее оледенение хребтов Дуссе-Алинь, Ям-Алинь и Тыльский. В сб.: *Сборник статей по геологии и гидрогеологии*. Вып. 5. М.: Недра. С. 32–38.
- Шевченко В.К. (1976) О роли древнего вулканизма и изостатических движений в формировании рельефа Баджальского хребта (Нижнее Приамурье). *Геоморфология*. № 1. С. 98–105.
- ArcGIS Living Atlas — World Imagery [Электронный ресурс]. URL: <https://esri.maps.arcgis.com/home/group.html?id=0f3189e1d1414edfad860b697b7d8311&view=list#content> (дата обращения: 15.07.2024).

QUATERNARY GLACIATION OF THE ETKIL-YANKANSKY RIDGE (BUREINSKOYE NAGOR'YE)¹

V. S. Den'ga^{a, #} and A. M. Sazykin^{b, ##}

^a Pacific Institute of Geography TIG FEB RAS, Vladivostok, Russia.

^b Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

[#] E-mail: d.vova2001@bk.ru

^{##} E-mail: sazykin.am@dvfu.ru

The paper discusses the Quaternary glaciation of a mountainous region of Lower Priamurye. During the Late Pleistocene (MIS 4), the Etkil-Yankan Ridge underwent glaciation, resulting in the formation of glacial kars, cirque, and glacial valleys. For the first time, the ancient glacial landforms of the Etkil-Yankan Ridge were morphologically and morphometrically described and mapped using space images. The distribution and characteristics of prehistoric glaciers on the ridge territory vary noticeably from those on the remainder of the Bureinsky Highlands. The ridge's sublatitudinal strike, along with the monsoonal atmospheric circulation, produced unique aspects of exomorphogenesis in this region. This is due to the significant impact of Sea of Okhotsk's wet and cold air masses that penetrate through the Evoron-Chukchagirskaia lowland. The paper shows that glacial forms are found at lower altitudes of 1080–1270 m compared to the inner territories of the Bureinsky Highlands, by 300–400 m, as well as extensive rock glacial formations. The paper considers the altitudinal position of the kars bottoms as the level of the snow line during the glacial epoch. Rock glaciers form on moraine and slope material, transforming the glacial topography in the former case, and creating pseudo-glacial formations in the latter. A considerable valley rock glacier was discovered at the origin of the left tributary of the Berendya River, which originated in a glacial kar. Capturing moraine and coarse clastic slope material, the glacier's fluid surface structure and well-defined front slope foot are typical. Earlier geological surveys have overestimated the extent of glaciation due to incorrect interpretation of glacial formations. The area of the ancient glaciation was discovered to be 19.8 km², and it was ascertained that many moraine-like formations are in fact near-slope rock glaciers or scarps. The challenge in interpreting sediments arises due to variations in how the rock-glacier transformation affects the material, which depends on its dimensions, thickness, water or ice saturation, as well as the duration and age of the process.

Keywords: glacial geomorphology; factors of glaciation; glacier kars; moraines (till); rock glacier; Bureinskoye nagor'ye; Late Pleistocene; Munikan glaciation

REFERENCES

- ArcGIS Living Atlas — World Imagery [Electronic data]. Access way: <https://esri.maps.arcgis.com/home/group.html?id=0f3189e1d1414edfad860b697b7d8311&view=list#content> (access date: 15.07.2024)
- Bredikhin A.V., Karevskaya I.A., Lebedeva E.V. (1986) Geomorphological correlation of the deposits of the “Kiran Formation” in the Okhotsk region. In: *Vsesoyuznoe soveshchanie po probleme geomorfologicheskoi korrelyatsii. XVIII plenum Geomorfologicheskoi komissii AN SSSR*. Tbilisi (Publ.). P. 190 (in Russ).
- Bredikhin A.V., Karevskaya I.A., Lebedeva E.V. (2021) The Western Okhotsk region: the structure and development of the relief. Moscow: Media-Press (Publ.). 300 p.

¹ For citation: Den'ga V.S. and Sazykin A.M. (2025) Quaternary glaciation of the Etkil-Yankansky Ridge (Bureinskoye Nagor'ye). *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. Vol. 56. No. 3. P. 492–506 (in Russ). <https://doi.org/10.31857/S2949178925030091>

- [Electronic data] URL: <http://www.igras.ru/2858>. (access date: 10.01.2024) (in Russ).
- Chemekov Yu.F. (1972) Problems of Quaternary glaciation. In: *Geologiya Severo-Vostochnoi Azii. Vol. 1. Geomorfologiya*. Leningrad: Nedra (Publ.). P. 93–129 (in Russ).
- Chemekov Yu.F. (1975a) Western Priohotie. Moscow: Nauka (Publ.). 123 p (in Russ).
- Chemekov Yu.F. (1975b) Discussion problems of stratigraphy of Quaternary sediments of the Far East of the USSR and adjacent territories. In: *Problemy izucheniya chetvertichnogo perioda*. Moscow: Nauka (Publ.). P. 12–20 (in Russ).
- Denisov E.P. (1965) The glaciation of North Korea. *Zapiski Primorskogo filiala Geograficheskogo obshchestva Soyuzs SSR*. Vol. 1. Iss. XXV. P. 113–114 (in Russ).
- Galanin A.A. (2009) The rock glaciers of Russian Far-East: structure, genesis, age and their geography analysis. PhD thesis. Vladivostok: TIG DVO RAN (Publ.). 42 p (in Russ).
- Glushkova O. Yu. (2011) The peculiarities of glaciation on the Koryak Highlands. In: *Rel'ef i ekzogennye protsessy gor*. Irkutsk: IG SO RAN (Publ.). P. 9–12. [Electronic data] URL: http://irigs.irk.ru/docs/geomorpholgy/Irkutsk_Geomorphology_2011_T2.pdf. (access date: 10.01.2024)
- Gorbunov A.P. (1988) Rock glaciers. Novosibirsk: Nauka (Publ.). 111 p (in Russ).
- Gorbunov A.P. (1989) Rock glaciers in the mountains of Central Asia. Yakutsk: In-t merzlotovedeniya SO AN SSSR (Publ.). 164 p (in Russ).
- Gotvanskii V.I., Makhinov A.N. (1983) New data on the distribution of quaternary glacial features in Sikhote-Alin. *Izvestiya VGO*. Vol. 2. Iss. 115. P. 154–158 (in Russ).
- Ivanovskii L.N. (1981) Glacial geomorphology in mountains (with examples from Siberia and the Far East). Novosibirsk: Nauka (Publ.). 174 p (in Russ).
- Ivashinnikov Yu.K. (2010) The physical geography and natural resources of the Far East. Vladivostok: Dalnevost. un-t (Publ.). 340 p (in Russ).
- Ivashinnikov Yu.K., Korotkii A.M. (2005) The neotectonic and palaeogeographic evolution of the Cenozoic in the Asia-Pacific transition zone. Vladivostok: Dalnevost. un-t (Publ.). 388 p (in Russ).
- Karevskaya I.A., Lebedeva E.V., Bredikhin A.V. (1989) Correlation of loose sediments and development of river valleys in the Western Okhotsk in the Middle Pleistocene. In: *Problemy geomorfologicheskoi korrelyatsii*. Moscow: Nauka (Publ.). P. 135–144 (in Russ).
- Khokhlova E.P. (Ed.) (1971) Geological Map of the USSR Khingan-Bureya Series (M-53–IV) on a scale of 1:200000. Leningrad: Dalnevostochnoe geologicheskoe upravlenie (Publ.). 1 p (in Russ).
- Korotkii A.M. (1968) The development of Quaternary glaciations in the Sikhote-Alin region. In: *Voprosy geologii i okeanologii Sovetskogo sektora Tikhookeanskogo podvizhnogo poyasa*. Vladivostok: SO AN SSSR (Publ.). P. 32–36 (in Russ).
- Korotkii A.M. (1984) Glaciations and pseudo-glacial formations in the south of the Far East. In: *Pleistotsenovy oledeneniya Vostoka Azii*. Magadan: SVKNII DVNTS AN SSSR (Publ.). P. 174–185 (in Russ).
- Korotkii A.M., Karaulova L.P., Troitskaya T.S. (1980) Quaternary sediments in Primorye: stratigraphy and palaeogeography. Novosibirsk: Nauka (Publ.). 234 p (in Russ).
- Korotkii A.M., Skrylnik G.P., Korobov V.V. (2010) Trends in the natural environment and possible scenarios for its development in the southern part of the Far East. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk*. No. 6. P. 3–16 (in Russ).
- Makhinov A.N. (2011) Quaternary glaciation in the Lower Priamurye mountain regions. In: *Rel'ef i ekzogennye protsessy gor*. Irkutsk: IG SO RAN (Publ.). P. 31–34 (in Russ).
- Makhinov A.N., Makhinova A.F. (2024) New data on the distribution of glacial relief in the Lower Amur region. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S.A. Esenina*. No 3 (84). P. 156–166.
- Morozova L.B. (Ed.) (1966) Handbook on the Climate of the USSR. Iss. 25 (Khabarovsk Territory and Amur Region). Part 2 (Air and Soil Temperature). Leningrad: Hydrometeoizdat (Publ.). 312 p (in Russ).
- Morozova L.B. (Ed.) (1968) Handbook on the Climate of the USSR. Iss. 25 (Khabarovsk Territory and Amur Region). Part 4 (Humidity, precipitation and snow cover). Leningrad: Hydrometeoizdat (Publ.). 276 p (in Russ).
- Morozova L.B. (Ed.) (1992) Scientific and Applied Handbook on Climate of the USSR. Iss. 25 (Khabarovsk Territory and Amur Region). Series 3. Parts 1–6. St. Petersburg: Gidrometeoizdat (Publ.). 280 p (in Russ).
- Petrov O.V., Morozov A.F., Zastrozhnov A.S. (Eds.) (2014) Map of the quaternary formations of the Russian Federation on a scale of 1:25000000. Moscow: VSEGEI, VNIIOkeanologiya (Publ.). 1 p (in Russ).
- Ryabinin E.N. (1992) Regularities of the Development of the Natural Environment of the Bureinsky Highlands. PhD thesis. Sankt-Peterburg: A.I. Herzen Russian State Pedagogical University (Publ.). 17 p (in Russ).
- Ryabinin E.N., Sazykin A.M. (1992) The geomorphological features of the Yam-Alin Range. In: *Voprosy geografii i geomorfologii Sovetskogo Dal'nego Vostoka*. Vladivostok: DVGU (Publ.). P. 139–149 (in Russ).
- Savrasov N.P. (1949) On the traces of ancient glaciation in the southern part of the Far East. In: *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka. Vol. 1*. Khabarovsk: Dalgiz (Publ.). P. 70–80 (in Russ).
- Sazykin A.M. (1994) The glacial geomorphology of the Bureinsky Highlands. PhD thesis. Vladivostok: TIG DVO RAN. 24 p (in Russ).
- Sazykin A.M. (2012) Quaternary glaciation of the Duse-Alin Ridge. In: *Trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Bureinskii"*. Vol. 5. Khabarovsk: Dalnevostochnoe izd-vo (Publ.). P. 30–43. [Electronic data]. URL: https://www.andreysazykin.com/_files/ugd/d63c38_415a0944ab894e6ab9311d0956a272cd.pdf (access date: 10.01.2024)
- Sazykin A.M., Denga V.S. (2023) Rock glaciers in the Bureinsky Highlands. *Zapiski Obshchestva izucheniya Amurskogo kraya*. Iss. XLVIII. P. 109–117 (in Russ). <https://doi.org/10.24866/0891-6>

- Safonov D.A., Nagornykh T.V., Kovalenko N.S. (2019) Seismicity of the Amur and Primorye region. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGIG DVO RAN (Publ.). 104 p (in Russ).
- Sebin V.I. (2010) Relief and Late Pleistocene-Holocene development history of the Yam-Alin and Esop ridges. *Kraevedenie Priamuria*. No. 3 (12). P. 104–118 (in Russ).
- Shevchenko V.K. (1965) Ancient glaciation of the Dusse-Alin, Yam-Alin and Tylsky ridges. In: *Sbornik statei po geologii i gidrogeologii*. Vol. 5. Moscow: Nedra (Publ.). P. 32–38 (in Russ).
- Shevchenko V.K. (1976) On the ancient volcanism and isostatic movements significance for the formation of the Badzhal Ridge topography (Lower Priamurye). *Geomorfologiya*. No. 1. P. 98–105 (in Russ).
- Skrylnik G.P., Skrylnik T.A. (1976) Characteristics of the continental climate of the Far East. In: *Geografiya i paleogeografiya klimomorfogeneza*. Vladivostok: TIG DVNTs AN SSSR (Publ.). P. 46–51 (in Russ).
- Timofeev D.A. (1986) Terminology of periglacial geomorphology. Moscow: Nauka (Publ.). 228 p (in Russ).
- Turbin M.T. (Ed.) (2003) State geological map of the Russian Federation Komsomolskaya series. M-53-IV (Berezovoye) on a scale of 1200000. Moscow: Khabarovskgeologiya (Publ.). 4 p (in Russ).
- Turbin M.T. (Ed.) (2013) Explanatory notes to the State Geological Map of the Russian Federation. Komsomolskaya series. M-53-IV (Berezovyi) on a scale of 1200000. Moscow: VSEGEI (Publ.). 213 p. [Electronic data] URL: <http://geo.mfvsegei.ru/200k/m-53/m-53-4/index.html> (access date: 10.01.2024)