

## Неотектоника, геоморфология

УДК 551.435.57+551.328+910.4(079.3)

<https://doi.org/10.26516/2541-9641.2024.2.128>

### Некоторые вопросы динамики наледных и осыпных склоновых процессов в высокогорном районе горного массива Мунку-Сардык

С.Н. Коваленко

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** На основе новых экспедиционных данных 2023-2024 гг. освещаются полученные научные результаты и достижения по изучению динамики речных и присклоновых высокогорных наледей, мерзлотно-каменных горных потоков, склоновых форм рельефа и процессов их формирующих по долинам рек Белый Иркут, Буговек, Мугувек, а также режимных обследований высокогорных наледей.

**Ключевые слова:** хребет Мунку-Сардык, высокогорные наледы, мерзлотно-каменные горные потоки, динамика наледей, склоновые процессы.

### Some issues of dynamics of aufeis and scree slope processes in the high-mountain area of the Munku-Sardyk mountain massif

S.N. Kovalenko

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

**Abstract.** On the basis of new expedition data from 2023-2024, the obtained scientific results and achievements in studying the dynamics of river and near-slope high mountain aufeis, permafrost-rock mountain streams, slope relief forms and processes forming them along the valleys of the Bely Irkut, Bugovek, and Muguvek rivers, as well as regime surveys of high-mountain aufeis are highlighted.

**Keywords:** Munku-Sardyk Ridge, high-mountainous aufeis, permafrost-rock mountain streams, dynamics of aufeis, slope processes.

#### Введение

Зима 2023-2024 гг. на территории высокогорного массива Мунку-Сардык (Восточный Саян), видимо была довольно теплой. Наледи, как индикаторы погоды, в этом году равномерно мощные и имеют максимальные длины распространения вниз по долинам. Во время весенней экспедиции 2024 года подробно были изучены режимные наледы Белоиркутская, Таборная, Наскальная, термальные. Первая ровная не широкая, передвигаться по ней очень удобно, некоторая часть наледи около 0.5-0.7 м наледи стояла в

теплые дни в начале апреля, которые по данным метеостанции пос. Монды наблюдались с 5.04 по 10.04.2024 и с 15.04 по 23.04.2024, когда температуры днем достигали 15 °С, а ночью не опускались в первый период ниже 3 °С, а во второй 10 °С. Такие температурные параметры чаще всего бывают характерны для первой и второй декады мая. В связи с этим в районе лагеря режимная (за которой ведутся многолетние мониторинговые наблюдения) речная наледь Белоиркутская по сравнению с прошлым годом очень сильно подтаяла (рис. 1, сравни его с рис. 9 весенней

экспедиции 2023 г. статьи Коваленко, Котова, 2024).



**Рис. 1.** Наледная обстановка на речной наледи напротив лагеря Портулан. Хорошо устанавливается величина стаивания наледи в теплый период в начале апреля (с 05.04 по 10.04 и 15.04 по 23.04), фТ № 12. Фото 0217-221.

**Fig. 1.** Aufeis conditions on the river aufeis opposite the Portulan camp. The magnitude of aufeis melt during the warm period in early April (05.04-10.04 and 15.04-23.04) is well established, fT No. 12. Photo 0217-221.

Полевые наблюдения весной 2024 года и фотодокументация живой осыпи Белоиркутской и новой осыпи 2024, являющимися составными частями Большой Осыпи Первых Бакалавров ЕГФ позволили сделать интересные выводы о их генезисе и характере динамики.

### **Динамика высокогорных наледей**

Высокогорные наледи (high mountain aufeis, англ.) формируются в течение всего морозного периода года. Это наледи развиваются в долинах и на склонах небольших горных рек, подземный и поверхностный водный приток на которых зимой прекращается или его величина не обеспечивает существование постоянного речного водотока. Их динамика развития сильно отличается от формирования наледей больших рек равнинных и среднегорных территорий (Алексеев, 2015) и неоднократно описывалась нами в более ранних публикациях и блогах и сайтах в Интернете (Коваленко, 2016, 2023, 2024; Коваленко, Акулова, 2022; Коваленко, Лихтарович, 2021; Коваленко, Мункоева, 2013, 2014; Мункоева, Коваленко, 2014; Мунку-Сардык... 2024).

В начале зимы, начинающейся в горах как правило в конце осени, в реках сильно уменьшается количество воды как в следствие ее частичного замерзания с поверхности и

отсутствия жидких водных осадков в виде дождя. Поступающая, как правило, небольшое количество грунтовой воды (атмосферного происхождения) легко стекает по руслу. На начальной стадии формирования высокогорных наледей первые порции наледного льда могут образоваться еще поздней осенью Коваленко, Мункоева, 2013), когда речная и наледная вода еще текут по самым низким ложбинам аллювиального покрова поймы реки, т. е. по летнему руслу. Вторая стадия наступает, когда основное русловое понижение горной реки полностью заполняется довольно плотным льдом, выравнивая тем самым поверхность поймы, т. е. ее уровень становится по высоте равен уровню паводкового дна или несколько выше. Поверхность этого уровня можно в первом приближении определить как низкая наледная пойма с признаками отвечающими речному руслу. Тогда высокой наледной поймой или собственно поймой наледи следует считать площадь максимального разлива наледи при максимальном высотном подъеме уровня льда наледи. Первые весенние разливы талых вод, как правило с переносом и отложением первого наледного аллювия, когда талая вода идет сплошным потоком по всей поверхности наледи и даже заплескивается на наледные террасы, следует считать и называть террасовым наледным уровнем. Весь процесс или

театр наледного действия высокогорных наледей от эпогея накопления льда и до его исчезновения или стаивания в течение всей жизни существования той или иной наледи — театром наледи, а наледнюю поляну временно пустой сценой.

На поверхности низкой наледной поймы и формируется основной слоистый пирог высокогорных наледей в течении зимы и ранней весны, когда с увеличением морозов эта стекающая вода начинает в мелких местах широкого потока перемерзать, где ее теплового запаса из-за небольшой глубины потока или большой площади разлива и, следовательно, возникновения большой площади остывания, для сохранения в жидком состоянии становится недостаточным и она замерзает. Во время теплой зимы наледь разольется широко, далеко и ровно, при морозной — высоко (мощно) и бугристо.

Разлившаяся в мороз вода быстро замерзает и начинается процесс наледообразования, т. е. накопление и увеличение толщины наледного льда. Количество циклов выхода такой воды за всю зиму и до середины мая может достигать нескольких десятков раз, что хорошо видно по полосчатости льда наледей при их размыве тальными водами. Главными источниками воды при образовании наледей являются грунтовые воды, накопившиеся в течение лета от таяния снега и выпадения дождя в рыхлых моренных отложениях на псевдотеррасах и древних пролювиальных отложениях больших конусов выноса у подножья коренных склонов, сформировавшихся в результате гигантских селевых потоков (Коваленко, Гергенов, 2022).

Местами при появлении благоприятной литолого-геоморфологической обстановки в виде триады — скальный склон южной экспозиции, являющемся аккумулятором-накопителем солнечного тепла, распадок с рыхлыми отложениями, являющемся транспортно-аккумуляторным агентом накопления и транзита грунтовых тылых вод. При этом сам распадок, образован, вероятно, наледными и эрозионными процессами этих тальных и дождевых летних вод и заполнен специфическим крупно-глыбовым материалом коллювиально-наледного происхождения.

При этом механизм образования термальных подскальных наледей довольно прост. Они формируются за счет таяния снега на близлежащей скале-аккумуляторе тепла, который накапливается на подветренном

склоне долины, затем тает и вода проникает в крупноглыбовые коллювиальные подскальные отложения, где замерзает или относительно теплой движется в них зимой вниз, где на относительно горизонтальной площадке вблизи поймы формирует «подскальную» термальную или термально-аллювиальную наледь, если пополняет речную.

В районе известен и другой механизм формирования присклоновых термальных наледей, которые формируются, в отличие от первых, в стороне от речной наледи. Здесь опять имеем южный склон, подскальный характер местоположения наледи, снова под скалой небольшой распадок с крупноглыбовыми рыхлыми отложениями. Но дополнительным или основным источником наледных вод могут являться грунтовые воды, секающие по распадку из мощных моренных отложений, лежащих выше. Присклоновые термальные наледи этого типа могут формировать чисто наледные террасы.

Формированию термальных присклоновых наледей способствуют следующие факторы: 1) южная экспозиция скальных поверхностей с подветренной стороны преобладающих зимних ветров; 2) вблизи скал должны водные коллекторы для накопления тальных грунтовых вод, что мы и имеем в виде небольших распадков с южной экспозицией тальвега, заполненных рыхлым материалом.

Вода, накопившаяся в рыхлом грунте распадка, вначале зимы выходит в русло реки, затем грунт промерзает и поступление воды прекращается. Остается только небольшой сток талой теплой воды текущей вдоль прогретых скал, которые при южной экспозиции скал нагреваются, тепло поступает в грунт и подогревает вблизи них грунтовые воды. Вот, эти-то воды и формируют в конце зимы термальные присклоновые наледи.

Весной, а на склонах южной экспозиции иногда и зимой (см. термальные наледи), когда начинает таять снег на склонах долины и выше уровня распространения наледей, по поверхности наледей сплошным потоком начинают идти мутные внешние потоки талой воды. Эти воды постепенно размывают наледь в теплые дни и замерзают в морозные ночи или морозные весенние дни, еще более наращивая наледь.

Попав в такой теплый период на наледь туристы бредут по щиколотки в потоке воды, думая, что они последние, кто смог пройти вверх или вниз по наледи, что начался «ледоход» на реке и что уже никто в последующие дни пройти по реке в ботинках не сможет. О,

как они ошибаются! Пройдет теплый весенний период (2-3 дня) и этот поток замерзнет, часто смешавшись с выпавшим снегом в начале морозного периода. Часто такой долго идущий в морозный период снег успеваает на замерзающих наледях сформировать приличные сугробы (до 10–20 см), схоронив под собой все признаки весеннего таяния наледей.

Но весна, как правило, берет свое, становится все теплее и теплее. Продолжительность и количество морозных периодов уменьшается, а теплых увеличивается. Все чаще и продолжительнее сплошным потоком от берега до берега течет вода, с которой смешивается выпавший снег, иногда даже не растаяв в талой воде вновь может замерзнуть и в последний раз нарастить мощность (толщину) наледи. Почему в последний? Да потому, что текущая сплошным потоком талая вода часто содержит осыпавшиеся (или смытые) со склонов рыхлые неокатанные остроугольные обломки окружающих пород, что значительно повышает ее эрозионную способность и она делает на поверхности льда вначале небольшие ложбины, которые быстро перерастают в глубокие промоины.

На мощных речных наледях (более 3–5 м) бывают довольно большие промоины. Подобные той, что была обнаружена Владом Яворским, на Усть-Буговекской наледи

вблизи скал недалеко от автомобильного моста весной 2023 г. Он обследовал ее и произвел фото-видео документацию. По такой промоине можно ходить в полный рост, лишь в некоторых узких местах приходится протискиваться, выдыхая весь воздух из легких. Длина более 30 м, глубина более 2 м, ширина 0.5–1 м.

Промоины вбирают в себя всю поверхностную воду, скорость которой, как и ее глубинная эрозионная энергия, в таких узких промоинах резко возрастает, и она размывает толщу наледного льда до самой подошвы. При этом в силу извилистости пойменной и русловой части реки наиболее крупные промоины образуются по берегам наледи, чему не мало способствует и попавший в них осыпавшийся каменный остроугольный (с острыми ребрами) материал. Этот несущийся вдоль береговых и скальных прижимов каменный «абразивный» материал производит расширение наледных полей и оставляет на скальных поверхностях хорошо заметные так называемые наледные борозды (рис. 2) — полосы, которые никак не мог оставить водный поток летних паводков какого бы масштаба он не был. Абразивный каменный материал в таких водных потоках волочится по дну потока в самых глубоких (читай, низких) местах.



**Рис. 2.** Борозды были оставлены каменным материалом влекомым тальми водными потоками по поверхности наледи вблизи ее края вдоль скального прижима (Коваленко, Лихтарович, 2021).

**Fig. 2.** The furrows were left by rocky material carried by meltwater flows along the surface of the aufeis near its edge along the rocky outburst (Kovalenko and Likhtarovich, 2021).

С уходом воды с поверхности наледи, прекращается рост ее мощности, хотя в отдельные все более редкие холодные (морозные)

периоды из поверхностного снега на наледи может образоваться несколько сантиметров наледного льда. Но это такой

незначительный прирост, что им можно пренебречь. С момента достижения приморинами подошвенной части наледи начинается эрозионная деятельность наледного талого водного потока в отложившемся в предыдущие годы наледном и речном аллювии. При этом эта деятельность часто локализуется не только в русловой, что по ряду рассмотренных ниже причин, и в пойменной или даже террасовой части долины (см. статью в этом номере Коваленко, Китов, 2024, рис. 15–16), что иногда приводит к смене местоположения летнего русла реки, бифуркации, образованию островов и перемещению устьев впадающих притоков. Например, за годы наших наблюдений устье Мугувека смещалось из года в год то вниз, то вверх по течению в пределах от 100 до 500 м.

Осыпной породный материал, лежащий на поверхности наледей и не попавший в наледные промоины, при постепенном стаивании наледного льда, в основном от летних теплых ливневых дождей, осаждается на поверхность подналедного аллювия в виде плаща неокатанного, несортированного материала (см. Коваленко, Мункоева, 2013, рис. 20), формирование которого никак нельзя объяснить речным водным потоком (лежит на больших камнях, с которых речная вода его непременно бы смыла, большое содержание суглинисто-глинистого материала). Мощность такого плаща в совокупности с намытым наледным аллювием местами в отдельные годы может достигать 0.5–1.5 м (Коваленко, Лихтарович, 2021).



**Рис. 3.** На панораме хорошо видно, что терраса наледи Лесной является продолжением о-ва Лесников. Снимок сделан с речной наледи. Фото 0098-102.

**Fig. 3.** The panorama clearly shows that the terrace of the Lesnaya aufeis cap is a continuation of Lesnikov Island. The photo was taken from the river aufeis. Photo 0098-102.



**Рис. 4.** На снимке хорошо видно, что отложения о-ва Лесников (а) и террасы наледи Лесной (б) являются образованиями одного уровня, образовавшегося скорее всего в результате

деятельности катастрофических селей. Эти отложения размывы современными селевыми и паводковыми потоками основного русла долины (в) и протоки Лесников (з). Фото 0106.

**Fig. 4.** The image clearly shows that the Lesnikov Island sediments (a) and the Lesnaya aufeis terrace (b) are formations of the same level, most likely formed as a result of catastrophic mudflow activity. These sediments have been eroded by modern mudflows and flood flows of the main channel of the valley (c) and Lesnikov channel (d). Photo 0106.

Характерные особенности мест локализации (проявления) высокогорных наледей можно рассмотреть на примере наледей в долине среднего течения Белого Иркутта, где наблюдаются следующие структуры (рис. 3–4).

1. Терраса, на которой расположена наледь Лесная, цокольная, осталась, скорее всего в результате деятельности катастрофических селей (Коваленко, Гергенов, 2022) и изменена с поверхности наледными процессами (запесочена и занесена мелкоземом). Терраса вдоль скалы тянется узкой полочкой шириной 10–15 м до устья руч. Потайного. Мощность пролювиально-наледных отложений невелика и составляет всего 1–2 м, что и определяет выход грунтовых вод на поверхность террасы и формированием наледи. Рыхлые отложения содержат большую долю перлювия (рис. 5) из вышележащей морены п/л Портулановского (2-я псевдотерраса) и Окинско (3 псевдотерраса).

2. Отложения о-ва Лесников — это пролювий катастрофических селей, в котором выделяется два террасовых уровня (см. рис. 4),

нижний высотой 2.5 м и верхний, собственно поверхность острова 10 м. Первый сложен более мелкоглыбовым материалом и более плотный, а второй — гиганто-глыбовый с плавающими глыбами в песчано-суглинстом и мелкоземном рыхлом цементе. Отсутствие глинистой составляющей в обоих слоях, может указывать на его наледное происхождение, а присутствие крупных глыб на пролювиальное. катастрофических селей. Уровень острова и цокольной террасы наледи Лесной расположены на одном уровне (1-я терраса).

3. Протока Лесников сформирована новейшими селевыми и речными паводками.

4. Отложения главного русла Белого Иркутта представлены речным и наледным аллювием с большой примесью перлювия, представленного осыпным материалом с крутого правого склона и пролювием катастрофических селей с левого.

Характер других наледей описываемого участка долины Бел. Иркутта, также имеет отличительные черты не похожие на часто наблюдаемые в предыдущие годы.



**Рис. 5.** Реперный камень с отметкой максимального уровня наледи на террасе наледи Лесной. Глыба скорее всего представляет из себя перлювий скатившийся из морен со 2-й или 3-й псевдотеррасы. Фото 0113. Высота лыжной масштабной палки 125 см.

**Fig. 5.** Repertory stone with the mark of the maximum aufeis level on the Lesnaya ice terrace. The block most likely represents perluvium rolled down from moraines from the 2nd or 3rd pseudo-terrace. Photo 0113. The height of the ski scale pole is 125 cm.

Уровень речной наледи Бел. Иркута на обрыве террасы наледи Лесной в верхней части не достигает 5–7 м уровня террасы, а в нижней около устья руч. Потайного нисходит на нет и даже заливаает ее, впрочем, как и в прошлом году. На речной наледи хорошо видно, что до последнего снега, выпавшего в 20-х числах апреля (5–10 см), шла большая талая вода, которая несла большое количество мелкозема и проделала промоины вдоль обрыва Лесной террасы и ушла под лед.

Лесная наледь (рис. 6–7), весной 2024 г. находилась в обычных двухуровневых пределах и ее лед в нижней части доходил до скал

и даже немного (более 10–15 м) затекал далее по поверхности террасы. Все метки были залиты и наблюдалась лишь одна розовая метка на нижнем уровне наледи, лед доходил до верхнего уровня ошкуживания пород. В самой нижней части террасы была обнаружена перлювиальная глыба, на которой имелась реперная отметка максимального уровня наледи в виде отбеливания (см. рис. 5).

Наледь Ручья Потайного в момент наблюдения довольно узкая и не заливаает кусты вдоль ручья, но доходит в этом году до траверса скалы или пролювиального конуса выноса (рис. 8).



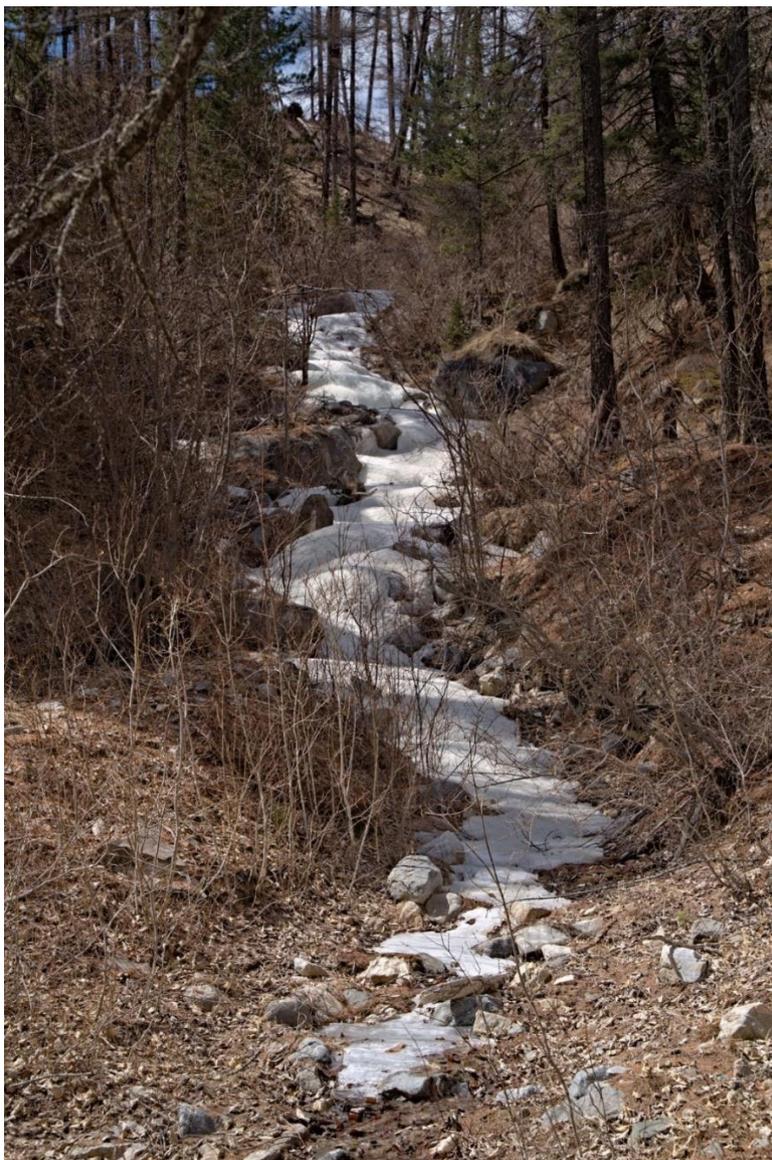
**Рис. 6.** Терраса наледи Лесной. Снимок сделан с нижнего изголовья о-ва Лесников, фТ № 16, фото 0091-93.

**Fig. 6.** Terrace of the Lesnaya aufeis cap. The photo was taken from the lower headwall of Lesnikov Island, fT No. 16, photo 0091-93.



**Рис. 7.** Выход наледи Лесной на обрыв реки. Хорошо видны наледные отложения налегающие на цоколь террасы. Фото 0103.

**Fig. 7.** Outcrop of the Lesnaya aufeis cap on the river cliff. Aufeis deposits overlying the terrace base-ment are clearly visible. Photo 0103.



**Рис. 8.** Наледь Ручья Потайного. Фото 0115.

**Fig. 8.** Aufeis cap of the Potajnoe Creek. Photo 0115.

Наледь Ручья Ледяного в нижней части мощная, ровная, без больших натечных бугров и ступеней широким разливом вливается в Белоиркутскую; заливает тонким слоем мощностью до 0.2 м террасу с лагерем Пентагонус почти до кострища, скрывая небольшой обрыв (1–1.5 м) со стороны ручья; остров в устье и правую заросшую кустами протоку вдоль нижнего окончания наледи Детской. Остров в этом году залит почти полностью на 80–90 %, открыта только его

нижняя более высокая часть, высокая бортовая терраса не залита (рис. 9). По правому берегу наледь распространяется широким потоком по старой заросшей кустами протоке по подножию коренного склона и, доходя до скалы и ниже, сливается с наледью Детской. Вверх по течению (рис. 10) она заливает все прибрежные кусты и, в месте начала конной тропы, сливается с рукавом наледи Детской (рис. 11).



**Рис. 9.** Наледь Ручья Ледяного в устье. В центре тополь, который растет в верхнем изголовье наледного острова. Фото вниз по течению 0196-198.

**Fig. 9.** Aufeis Island of Ice Creek at the mouth of the creek. In the center is a cottonwood tree that grows in the upper headwall of the aufeis island. Photo downstream 0196-198.



**Рис. 10.** Наледь Ручья Ледяного вблизи устья. Фото вверх по течению 0199-200.

**Fig. 10.** Ledyanyi Creek aufeis near the mouth. Photo upstream 0199-200.



**Рис. 11.** Выход наледи Детской на обрыв ручья Ледяного. Точка начала конной тропы. Фото 0201-202. Снимок сделан от наледного репера в левом скальном борту руч. Ледяного.

**Fig. 11.** Exit of the Detskaya aufeis cap on the cliff of the Ledyany brook. Point of the beginning of the horse trail. Photo 0201-202. The photo was taken from the aufeis reference point in the left rocky side of the Ledyany brook.

Наледь Детская в верхней своей части начинается резким широким (до 50–60 м) потоком мощностью до 0.2–0.3 м. Ее верхний край доходит до летней тропы в месте пересечения ею ручья и распространяется на 4–5 м выше. Наледь максимальная, слабо ступенчатая.

Наледь Таборная большая, мощная, лед залил все метки, осталась только синяя метка на высоте 1 м вблизи контакта с речной наледью. Желтый реперный камень в центре поймы реки напротив наледи Таборной

полностью скрыт подо льдом. Выше по течению Белоиркутская наледь или Усть-Мугуевская наледь заполнили всю новую протоку за островом Фестивальным и даже большую часть самого острова. Напротив острова по левому борту реки на первой бортовой террасе мы обнаружили новую наледь не наблюдавшаяся нами ранее (рис. 12). Назвали наледь «2024». Видимо бортовая терраса была сформирована в более ранние годы наледным процессом этой же наледи.



**Рис. 12.** Новая наледь «2024», на левом берегу Бел. Иркута в районе Стрелки чуть выше по течению наледи Таборной. Фото 0158.

**Fig. 12.** New aufeis cap "2024", on the left bank of the Bel. Irkut in the Strelka area just upstream of the Tabornaya aufeis patch. Photo 0158.

Далее к стрелке Мугувека и Бел. Иркута на первой террасе под обрывом наблюдалась мощная наледь. От мощных наледных ее отложений над поверхностью наледи остались только два небольших каменистых островка длиной 100 и 80 м шириной до 20 м.

Выше на склоне с реки хорошо проматривалась мощная Приразломная наледь, слившаяся с Нижнеразломной, лед которых в виде узкой полоски шириной 2–3 м и мощностью до 0.3–0.2 м вдоль небольшой ложбины достигал речного обрыва.

В месте слияния Мугувека и Бел. Иркута в левом борту Иркута синяя метка наблюдалась на высоте 1 м.

Далее вверх по долине Белоиркутская наледь до траверса лагеря Красный Конь вблизи летней тропы становится бугристой с крутыми ледопадами, пройти которые можно только в кошках. Затем до верхнего окончания наледи лед ровный. Такой же ровный лед, заливающий прибрежные кусты и все метки, отмечается на всем интервале Бол. Белоиркутской наледи (рис. 13), ледяных бугров в этом году не отмечается, имеются только их

зачаточные формы в виде извилистых пересекающихся трещин отрыва с зиянием достигающим до 3–4 см.

Термальные наледы в этом году тоже мощные и хорошо выражены; много натечного наледного льда наблюдается на обрывах правого берега реки, образующегося из грунтовых вод пролювиальных конусов выноса ручьев в районе лагеря Геологического; наледь

Ночная в обычных пределах и полосой шириной 20 м сливается с обрыва к реке вдоль верхнего (относительно течения р. Бел. Иркут) закустаренного края наледного конуса выноса; наледь Ручья Наледного красивая и мощная, очень похожа на весеннюю наледь 2023 года.

На Линии-10<sup>1</sup> Бол. Белоиркутной наледи все метки залиты льдом (рис. 14).



Рис. 13. Вид Большой Белоиркутной наледи с Линии-10 вниз по течению. Фото 0164-165.

Fig. 13. Downstream view of the Big Beloirkutnaya aufeis cap from Line-10. Photo 0164-165.



Рис. 14. Уровень Бол. Белоиркутной наледи на Линии-10. Все метки залиты. Фото 0166.

Fig. 14. Level of the Bol. Beloirkutnaya aufeis at Line-10. All marks are filled. Photo 0166.

<sup>1</sup> Схемы расположения наледей и номера линий см. (Коваленко и др., 2022)

На Линии-4 по левому берегу наблюдали синюю метку на высоте 1.4 м, а красную вровень с наледью ( $h=0$  м). На правом обрыве поймы из-под снега видна только синяя метка на высоте 0.5–0.7.

На Линии-Идолы синяя метка наблюдается в правом борту на высоте 1.4 м. Наледь как всегда ровная.

На всех остальных линиях все метки и прибрежные кусты залиты льдом. От Черного острова осталась только верхняя небольшая площадка, а в истоках наледи на Линии-0 высота синей метки составляет 2.25 м (рис. 15), что лишний раз подтверждает тезис о теплой зиме 2023-2024 гг. Общий вид верхнего начала наледи см. рис. 16.



**Рис. 15.** Синяя метка на Линии-0. Фото 0168. Высота лыжной масштабной палки 125 см.

**Fig. 15.** Blue marker on Line-0. Photo 0168. The height of the ski scale pole is 125 cm.



**Рис. 16.** Панорама истоков Бол. Белоиркутной наледи с фТ № 9. Наледь покрыта снегом высотой до 2-3 см. Фото 0175-173.

**Fig. 16.** Panorama of the headwaters of Bol. Belairkutnaya aufeis cap from Ft. 9. The aufeis is covered with snow up to 2-3 cm high. Photo 0175-173.

Наледи Наскальной в правом борту долины в этом году нет, видимо успела стаять в теплый период в начале апреля, но зато напротив нее в левом скальном прижиме

имеется новая красивая ажурная наскальная наледь (рис. 17), которую первым обнаружил Владимир Загорский, поэтому назвали её Наледью Загорского.



**Рис. 17.** Новая наскальная ажурная Наледь Загорского — уникальный объект, формируемый из грунтовых вод, просачивающихся сквозь сильно трещиноватые породы — своеобразную скальную дренажную систему. Фото 0179. Высота лыжной масштабной палки 125 см.

**Fig. 17.** New rock openwork Zagorsky's Aufeis — a unique object formed from groundwater seeping through highly fractured rocks — a kind of rock drainage system. Photo 0179. Height of ski scale pole 125 cm.

Следует отметить мощный характер весенней наледи Ажурной в верхнем окончании каньона Буговека, совсем не похожую на хрупкую и ажурную (рис. 18), что опять же

следует видимо связать с резким потеплением и последующим столь же быстрым похолоданием в начале апреля.



**Рис. 18.** Желто-бело-голубая наледь-ледопад Ажурная на обрыве летнего водопада с известным названием Каменный Мешок, запирающим верхний выход из Буговекского (Кварцитового) каньона 29.04.2024. Фото А. Китова 7701.

**Fig. 18.** Yellow-white-blue aufeis-ice-fall Ajurnaya on the precipice of the summer waterfall with the famous name Kamenny Meshok, locking the upper exit from Bugovek (Quartzite) Canyon 29.04.2024. Photo by A. Kitov 7701.

### **Динамика мерзлотно-каменных горных потоков и склоновых форм рельефа**

Вид живой осыпи Белоиркутской (рис. 19–20), неоднократно описываемой нами в предыдущих статьях, сохраняет в общем все черты сформировавшиеся еще осенью 2023 г.: в нижней части виден размыв ее паводковыми речными и наледными водами прошлого года; верхний блок смёрзшихся рыхлых пород мерзлотно-каменного горного

потока Активный (МКГП Активный) находится пока на зимней стадии выдвигания, т. е. еще не начал разрушаться; скатившиеся отдельные немногочисленные мерзлые глыбы в период потепления в начале апреля текущего года частично растаяли и образовали причудливые конусовидные формы (рис. 21); наледь Красивая на живой осыпи маломощная и лежит пятнами, видимо тоже значительно стаяла в первой половине апреля (см. рис. 19–20).



**Рис. 19.** Живая осыпь Белоиркутская. Снимок от лагеря И.И. Тупицина. Фото 0110.

**Fig. 19.** Beloirkutnaya live scree. Photograph from the camp of I.I. Tupitsin. Photo 0110.



**Рис. 20.** Выдвигающийся блок МКГП Активного в верхней части живой осыпи. Снимок от лагеря И.И. Тупицина. Фото 0111-112.

**Fig. 20.** Extending block of the ICGP Active in the upper part of the live scree. The image from the camp of I.I. Tupitsin. Photo 0111-112.



а)



б)



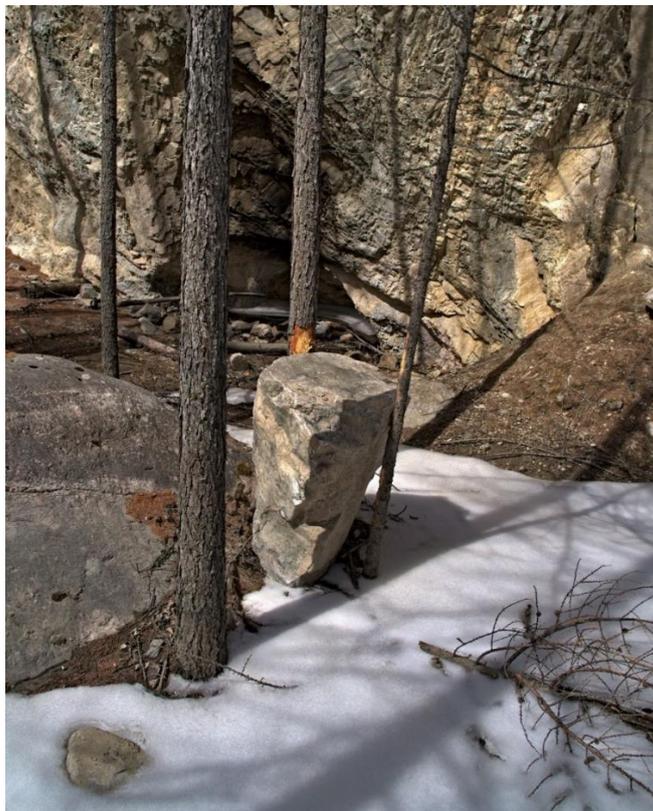
в)

**Рис. 21.** Глыбы мерзлого грунта МКГП скатившиеся по живой осыпи и растаявшие на речной наледи. Фото: а) 0119, б) 0131, в) 0136-137.

**Fig. 21.** blocks of frozen ground of the ICGP rolled down the live scree and melted on the river aufeis. Photos: a) 0119, б) 0131, в) 0136-137.

В период наблюдений по живой осыпи постоянно скатывались камни различного размера, некоторые улетали далеко на левый

берег (рис. 22), а теплым вечером 4 мая 2024 года наблюдались небольшие сели.



а)



б)

**Рис. 22.** Глыбы гранита, скатившиеся по живой осыпи Белоиркутской из МКГП Активный, и упавшие на противоположном левом берегу (а) и на пролювиальном конусе выноса руч. По-тайного (б). Фото 0108 и 0116.

**Fig. 22.** Granite blocks that rolled down the Beloirkutnaya live scree from the Aktivny ICGP and rested on the opposite left bank (a) and on the proluvial cone of the Potaynogo Creek outflow (б). Photos 0108 and 0116.

На конусе выноса (псевдотеррасе) ручья Потайного также много лежит перлювиальных глыб свалившихся с верхней 20-метровой псевдотеррасы, шириной 5–10 м — плеча трога Портулановского палеоледника, где снизу видны окатанные гранитогнейсовые глыбы размером от 2х1 до 0,5х1 м. Это вторая псевдотерраса, первая — это пролювиальный конус выноса катастрофических селей из долины руч. Потайного шириной 50–70 м.

На Большой Осыпи Первых Бакалавров ЕГФ в этом году наблюдается активизация осыпания каменного материала и формирование лотков живых осыпей и конусов выноса на речной наледи, что косвенно может указывать на время их зарождения с началом таяния снега (рис. 23–24, 27).

В процессе детального изучения и наблюдения падения многочисленных каменных глыб по осыпям был раскрыт механизм их возникновения и развития.



**Рис. 23.** Две новых осыпи: 1-я и 2-я, возникшие в 2024 году из-за ранней оттепели в начале апреля. Осыпной материал насыпается прямо на речную наледь. Фото 0203. Надналедная белая полоска указывает на уровень речной наледи до первого потепления в начале апреля.

**Fig. 23.** Two new screes: 1st and 2nd, created in 2024 due to an early thaw in early April. The scree material is piled directly on the river aufeis. Photo 0203. The over-aufeis white stripe indicates the level of river aufeis prior to the first warming in early April.



**Рис. 24.** Живая осыпь № 2, по конусу выноса которой устанавливается два этапа осыпания весной 2024 г. Фото 0208-209.

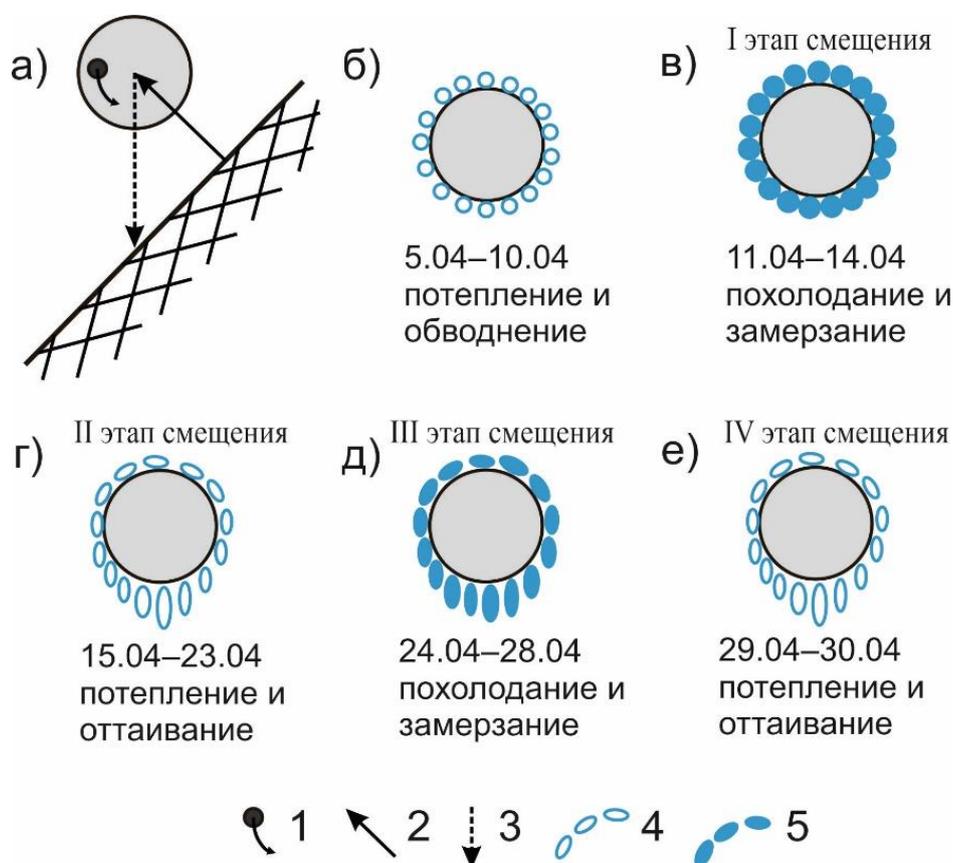
**Fig. 24.** Live scree No. 2, whose outcrop cone establishes two stages of sedimentation in spring 2024. Photo 0208-209.

Появление новых осыпей, по нашему мнению, связано с характером погоды в этом году. Как следует из характера образования конусов выноса массовые осыпания горных пород стали возможны из-за следующей последовательности погодных состояний в начале апреля: резкое потепление с 5.04 по 10.04 и с 15.04 по 23.04 привело к резкому стаиванию снега на склоне осыпи Первых Бакалавров ЕГФ и обводненности обломков горных пород, лежащих в неустойчивом положении на ее крутой поверхности. Последующие похолодания (с 11.04 по 13.04 и с 24.04 по 27.04) привело к замерзанию этой воды и,

как следствие, увеличению объема льда по сравнению с водой, что приподняло или просто сдвинуло горные обломки перпендикулярно поверхности, на которой они находились. Следующее потепление привело к таянию этого льда и смещению обломков уже не перпендикулярно поверхности, на которой они лежали до замерзания, а вертикально вниз, т. е. переместились ниже по склону. Этот момент для неустойчивых глыб становится еще более неустойчивым, и они легко могут при несовпадении центра тяжести обломка с вектором вертикального перемещения, привести к его вращению и даже

качению или обвалу (рис. 26а). Таким образом при двухкратном оттаивании обломки на склоне испытывают три этапа перемещения, на последнем возможно его падение или качение по склону. Для большего понимания мы схематически показали этапы движения обломков Большой Осыпи Первых Бакалавров ЕГФ весной 2024 г. (рис. 26в-е).

Обычное постепенное таяние (без замерзания) и стекание воды по склону или ее испарение не приводит к массовым смещениям обломков горных пород на склонах осыпей (рис. 26б). Вода постепенно стекает и обломки камней остаются на прежнем месте, т. к. никакая сила (в нашем случае сила расширения пространства при замерзании воды) не выводит их из равновесия.



**Рис. 26.** Этапы микросмещений обломков на склоне при замерзании и оттаивании.

1 – центр тяжести обломка горной породы и вектор вращения; 2 – вектор движения обломка породы при замерзании; 3 – вектор движения обломка при оттаивании; 4 – обводнение или оттаивание; 5 – замерзание воды.

**Fig. 26.** Stages of microdisplacements of debris on the slope during freezing and thawing.

1 – center of gravity of the rock fragment and rotation vector; 2 – vector of movement of the rock fragment during freezing; 3 – vector of movement of the fragment during thawing; 4 – watering or thawing; 5 – water freezing.



**Рис. 27.** Каменный материал конуса выноса осыпи изменил направление потока талых вод. Фото 0213-214.

**Fig. 27.** The rock material of the scree outcrop cone reversed the direction of meltwater flow. Photo 0213-214.

Выделенные 1-я и 2-я осыпи и их конуса выноса имеют разный возраст (см. рис. 24), первая закончила свое развитие после второго этапа смещения, а 2-я активно формировалась и во время IV этапа (см. рис. 26е).

Осыпной материал насыпается прямо на речную наледь. По характеру взаимоотношений осыпного материала с наледью можно установить два этапа формирования конусов выноса: первый этап протекал во время первой связки первого потепления, последующего похолодания и второго потепления (05.04–10.04 плюс морозный период плюс потепление 15.04–23.04), закончился этап значительным стаиванием речной наледи и размывом конусов выноса осыпей; второй этап состоялся в течение второго похолодания (24.04–28.04) и третьего потепления (29.04–30.04) и заключался в новой активизации осыпания только на осыпи № 2 и формирования у нее дополнительного слоя на конусе выноса на новом уровне подтаевших наледей.

То есть вторая осыпь, возникшая в первый период потепления и последующего похолодания в начале апреля, продолжила

свое формирование и в следующий период потепления плюс похолодания в конце апреля. На теплом этапе ее конус выноса был частично размыв, а после очередного периода похолодания пересыпан новообразованной осыпью. Осыпной материал новой осыпи, поступая на речную наледь, перекрыл поток талых наледных вод., который сменил продольное направление (по краю наледи) на перпендикулярное или поперечное и перевел водный поток с правого берега наледи на левый (см. рис. 25, 27). Для понимания механизма спонтанной смены направления течения талого наледного потока см. предыдущий раздел этой статьи.

### **Заключение**

Таким образом, рассмотренные в статье материалы полевых мониторинговых наблюдений за высокогорными наледями и склоновыми осыпями в средней части долины Бел. Иркута горного массива Мунку-Сардык, позволили дополнительно расширить наши представления о динамике и генезисе формирования высокогорных наледей и раскрыть секрет спонтанного возникновения новых живых склоновых осыпей, в зависимости от

погодных условий и, как следствие, установление механизма массового обрушения каменных глыб (см. рис. 26).

## Литература

Алексеев В.Р. Криогенез и геодинамика наледных участков речных долин // Геодинамика и тектонофизика. 2015. Т. 6. Вып. 2. С. 171–224. DOI 10.5800/GT-2015-6-2-0177

Коваленко С.Н. Рельефообразующая роль высокогорных наледей хребта Мунку-Сардык // Байкал-Родина-Планета / Материалы III Всероссийской научно-практической конференции (г. Иркутск, 21–22 октября 2016 г. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. С. 35–38.

Коваленко С.Н. Некоторые особенности и геоморфологические признаки отличия палеоледников и палеоснежников горного массива Мунку-Сардык // Геология и окружающая среда : электрон. науч. журн. 2023. Т. 3, № 4. С. 182–196. DOI 10.26516/2541-9641.2023.4.182

Коваленко С.Н. Высокогорные наледи горного массива Мунку-Сардык (Восточный Саян) // Мунку-Сардык : фотоархив : сайт : URL: <https://serg-kov1654.livejournal.com/375.html> (дата обращения: 14.06.2024).

Коваленко С.Н., Акулова Ю.В. Криогенные литопотоки горного массива Мунку-Сардык // Геология и окружающая среда : электрон. науч. журн. 2022. Т. 2, № 2. С. 128–138. DOI 10.26516/2541-9641.2022.2.128

Коваленко С.Н., Гергенов И.И. К вопросу об источниках рыхлого материала, причин и мест зарождения катастрофических селей в районе горного массива Мунку-Сардык // Геология и окружающая среда : электрон. науч. журн. 2022. Т. 2, № 3. С. 120–132. DOI 10.26516/2541-9641.2022.3.120

Коваленко С.Н., Китов А.Д. Экспедиции клуба Портулан в район г. Мунку-Сардык в 2023 году // Геология и окружающая среда : электрон. науч. журн. 2024. Т. 4, № 2. С. 179–212. DOI 10.26516/2541-9641.2024.2.179

Коваленко С.Н., Китов А.Д., Шушарин П.В. Экспедиции клуба Портулан в район г. Мунку-Сардык в 2019 году // Геология и окружающая среда. 2022. Т. 2, № 4. С. 176–195. DOI 10.26516/2541-9641.2022.4.176.

Коваленко С.Н., Лихтарович Э.В. Геологическая деятельность наледей в районе горы Мунку-

Сардык (Восточный Саян) // Геология и окружающая среда : электрон. науч. журн. 2021. Т. 1, № 1. С. 74–86. DOI 10.26516/2541-9641.2021.1.80

Коваленко С.Н., Мункоева Э.В. Типы горного рельефа и происхождение наледей в районе горы Мунку-Сардык // Вестник кафедры географии Вост.-Сиб. государственной академии образования. 2013. № 3-4 (8). С. 24–44. Электрон. версия печат. публ. Режим доступа: <https://h.twirpx.one/file/1691928> (дата обращения: 14.06.2024).

Коваленко С.Н., Мункоева Э.В. Некоторые морфометрические параметры и характеристика наледей района г. Мунку-Сардык // Вестник кафедры географии Вост.-Сиб. государственной академии образования. 2014. № 1 (9). С. 54–68.

Мункоева Э.В., Коваленко С.Н. Объемы наледей в высокогорном районе горы Мунку-Сардык // Вестник кафедры географии Вост.-Сиб. государственной академии образования. 2014. № 2-3 (10). С. 64–66. Электрон. версия печат. публ. Режим доступа: <https://h.twirpx.one/file/1691916/> (дата обращения: 14.06.2024).

Мунку-Сардык.ру. Экспедиции // Munku-Sardyk.ru : сайт : URL: <https://munku-sardyk.ru/category/our-blog/expedition/> (дата обращения 14.06.2024)

## References

Alekseev V.R. Cryogenesis and geodynamics of aufeis valleys // Geodynamics and Tectonophysics. 2015. Vol. 6. Is. 2. P. 171–224. DOI 10.5800/GT-2015-6-2-2-0177

Kovalenko S.N. Relief-forming role of high-mountain glaciers of the Munku-Sardyk Ridge // Baikal-Rodina-Planet / Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference (Irkutsk, October 21-22, 2016). Irkutsk : Izd. of the Institute of Geography named after V.B. Sochava of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. V.B. Sochava SB RAS, 2016. P. 35–38.

Kovalenko S.N. Some features and geomorphological signs of palaeoglaciers and palaeosnowfields of the Munku-Sardyk mountain massif DOI 10.26516/2541-9641.2023.4.182 // Geology and Environment : electronic scientific journal. 2023. Vol. 3, No. 4. P. 182–196.

Kovalenko S.N. Cryogenic lithocurrents of the Munku-Sardyk mountain massif (Eastern Sayan) // Munku-Sardyk : photo archive : web site : URL: <https://serg-kov1654.livejournal.com/375.html> (date of access: 14.06.2024).

Kovalenko S.N., Akulova Yu.V. Cryogenic lithocurrents of the Munku-Sardyk mountain massif // *Geology and Environment : electronic scientific journal*. 2022. Vol. 2, No. 2. P. 128-138. DOI 10.26516/2541-9641.2022.2.128

Kovalenko S.N.; Gergenov I.I. To the question about the sources of loose material, causes and places of catastrophic mudflows in the area of the Munku-Sardyk mountain massif // *Geology and Environment*. 2022. Vol. 2, No. 3. P. 120–132. DOI 10.26516/2541-9641.2022.3.120

Kovalenko S.N., Kitov A.D. Expeditions of the Portulan Club to the Munku-Sardyk area in 2023 // *Geology and Environment : electronic scientific journal*. 2024. Vol. 4, No. 2. P. 179-212. DOI 10.26516/2541-9641.2024.2.179

Kovalenko S.N., Kitov A.D., Shusharin P.V. Expeditions of the Portulan Club to the Munku-Sardyk area in 2019 // *Geology and Environment*. 2022. Vol. 2, No. 4. P. 176–195. DOI 10.26516/2541-9641.2022.4.176.

Kovalenko S.N., Likhtarovich E.V. Geological activity of glaciers in the area of Munku-Sardyk Mountain (Eastern Sayan) // *Geology and*

*Environment : electronic scientific journal*. 2021. Vol. 1, No. 1. P. 74–86. DOI 10.26516/2541-9641.2021.1.80

Kovalenko S.N., Munkoeva E.V. Types of mountain relief and the origin of glaciers in the area of Mount Munku-Sardyk // *Bulletin of the Department of Geography of the East-Siberian State Academy of Education*. 2013. No. 3-4 (8). P. 24–37.

Kovalenko S.N., Munkoeva E.V. Some morphometric parameters and characterization of ice in the area of Munku-Sardyk // *Bulletin of the Department of Geography of the East-Siberian State Academy of Education*. 2014. No. 1 (9). P. 54–68.

Munkoeva E.V., Kovalenko S.N. Volumes of ice in the high-mountain area of Munku-Sardyk Mountain // *Bulletin of the Department of Geography of the East Siberian State Academy of Education*. 2014. No. 2–3 (10). P. 64–66. Electronic version of printed publ. access mode: <https://h.twirpx.one/file/1691916/> (14.06.2024).

Munku-Sardyk.ru : website : URL : <http://munku-sardyk.ru> (date of access: 14.06.2024).

***Коваленко Сергей Николаевич,***

*кандидат геолого-минералогических наук,*

*664025, Иркутск, ул. Ленина, д. 3,*

*Иркутский государственный университет, геологический факультет,*

*доцент кафедры динамической геологии,*

*тел.: (3952)20-16-39,*

*email: igrug@mail.ru.*

***Kovalenko Sergey Nikolaevich,***

*Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,*

*664025, Irkutsk, Lenin st., 3,*

*Irkutsk State University, Faculty of Geology,*

*Associate Professor of the Department of Dynamic Geology,*

*tel.: (3952)20-16-39,*

*email: igrug@mail.ru.*