



УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КРИОЛИТОЗОНЕ

**Материалы Всероссийской конференции
с международным участием, посвященной
60-летию образования Института мерзлотоведения
им. П.И. Мельникова СО РАН
Якутск, Россия, 28-30 сентября 2020 г.**

**Якутск
2020**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова
Сибирского отделения РАН

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КРИОЛИТОЗОНЕ

**МАТЕРИАЛЫ
ДОКЛАДОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
посвященной 60-летию образования
Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН**

г. Якутск (Россия), 28–30 сентября 2020 г.

Ответственные редакторы:
доктор геолого-минералогических наук М. Н. Железняк;
доктор геолого-минералогических наук В. В. Шепелёв;
доктор технических наук Р. В. Чжан

Якутск
Издательство ФГБУН Институт мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН
2020

УДК 551.34+624.139(063)

ББК 26.36.Я431

У79

Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне :
У79 материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 60-летию образования Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск (Россия), 28–30 сентября 2020 г./ ФГБУН Ин-т мерзлотоведения им. П. И. Мельникова Сибирского отделения РАН; отв. ред-ры: д.г.-м.н. М. Н. Железняк; д.г.-м.н. В. В. Шепелёв; д.т.н. Р. В. Чжан. – Якутск: Издательство ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 2019. – 462 с.

ISBN 978-5-93254-195-1

Сборник включает материалы докладов, представленных на Всероссийской конференции с международным участием «Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне», посвященной 60-летию образования Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН. На конференции рассмотрены проблемы зональных и региональных закономерностей развития криолитозоны, прогноз развития криогенных процессов, новые конструкции фундаментов зданий и технологии строительства инженерных сооружений на многолетнемерзлых грунтах, новые методы геокриологических исследований, вопросы популяризации научных знаний и подготовки кадров в области геокриологии (мерзлотоведения).

УДК 551.34+624.139(063)

ББК 26.36.Я431

ISBN 978-5-93254-195-1

© ФГБУН Ин-т мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН, 2020

Federal State Budgetary Institution of Science
Melnikov Permafrost Institute
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences

**ENVIRONMENTAL AND
INFRASTRUCTURE INTEGRITY IN
PERMAFROST REGIONS**

**PROCEEDINGS OF THE RUSSIAN
CONFERENCE WITH INTERNATIONAL
PARTICIPATION
on the Occasion of the 60th Anniversary of
the Melnikov Permafrost Institute**

Yakutsk (Russia), September 28–30, 2020

Edited by
M.N. Zhelezniak, Dr. Sc. (Geol. & Miner.)
V.V. Shepelev, Dr. Sc. (Geol. & Miner.)
R.V. Zhang, Dr. Sc. (Eng.)

Yakutsk
Melnikov Permafrost Institute SB RAS Press
2020

UDC 551.34+624.139(063)

ББК 26.36.Я431

У79

- У79** **Environmental and Infrastructure Integrity in Permafrost Regions:**
Russian Proceedings of the Russian Conference with International Participation on the Occasion of the 60th Anniversary of the Melnikov Permafrost Institute, Yakutsk (Russia), September 28–30, 2020 / Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; edited by M.N. Zhelezniak, Dr. Sc. (Geol. & Miner.), V.V. Shepelev, Dr. Sc. (Geol. & Miner.) and R.V. Zhang, Dr. Sc. (Eng.) – Yakutsk : Permafrost Institute SB RAS Press, 2019. – 462 p.
ISBN 978-5-93254-195-1

The proceedings volume contains papers submitted to the Russian Conference with International Participation on the Occasion of the 60th Anniversary of the Melnikov Permafrost Institute “Environmental and Infrastructure Integrity in Permafrost Regions”. The conference discusses zonal and regional patterns of permafrost distribution, prediction of geocryological processes, new foundation designs and construction technologies for frozen ground, and outreach and education in the fields of permafrost science.

ISBN 978-5-93254-195-1

UDC 551.34+624.139(063)
ББК 26.36.Я431

Как и для мощности снежного покрова, для разных форм рельефа и экспозиций склона выявлены значения плотности снежного покрова (ρ , кг/м³):

1. Водоразделы: 214 – 332 кг/м³;
2. Долины: 212 – 366 кг/м³;
4. Западные склоны: 270 – 283 кг/м³;
6. Северо-западные склоны: 171 – 297 кг/м³;
7. Юго-восточные склоны: 193 – 264 кг/м³;
8. Юго-западные склоны: 277 – 285 кг/м³

Таким образом, нами установлены особенности снегонакопления в резко расчлененном рельефе северной части Алдано-Станового нагорья. Учитывая, что снежный покров является одним из основных факторов в формировании геокриологических условий региона, это дает возможность выявить особенности распространения ММП, его теплового режима и, используя выявленные особенности, оценить динамику криолитозоны в регионе.

Список литературы

1. Goodrich, L. E., 1982. The influence of snow cover on the ground thermal regime, *Can. Geotech. J.*, 19, 421 – 432.
2. Zhao Jing-yi, Chen Ji, Wu Qing-bai, Hou Xin, 2018. Snow cover influences the thermal regime of active layer in Urumqi River Source, Tianshan Mountains, China. *Journal of Mountain Science*, Volume 15, Issue 12, 2622–2636.
3. Marchenko S. S., 2010. A model of permafrost formation and occurrences in the intracontinental mountains *Norsk Geografisk Tidsskrift. Norwegian Journal of Geography* Vol. 55, 230–234.

ОПЫТ ОЦЕНКИ КАРСТООПАСНОСТИ В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСТРОВНОЙ МЕРЗЛОТЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Т. Г. Ковалёва, С. В. Щербаков, Д. Р. Золотарев

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. пермь, Россия*

EXPERIENCE OF EVALUATION OF KARST DANGERS IN THE ISLAND FROZEN SPREAD OF SIBERIAN PLATFORM

T. Kovaleva, S. Sherbakov, D. Zolotarev

Perm State University, Perm, Russia

Аннотация. В работе приведен пример оценки карстоопасности одного из участков Сибирской платформы, который расположен в зоне прерывистого распространения многолетнемерзлых пород. Выполнено районирование территории по категориям устойчивости относительно провалообразования. Районирование проводилось с учетом основных условий и факторов развития карста, а также с учетом геокриологической обстановки.

Abstract. The work provides an example of the assessment of karst hazard of one of the area of the Siberian platform, which is located in the zone of intermittent distribution of permafrost rocks. The zoning of the territory was carried out according to the categories of stability with respect to failure formation. Zoning was carried out taking into account the basic conditions and factors of karst development, as well as taking into account the geocryological situation.

В связи с широким развитием освоения нефтегазовых месторождений Сибири вопрос распространения карстовых явлений в этой области является весьма актуальным. Образование деформаций поверхности в областях островного распространения многолетнемерзлых пород может носить не только термокарстовый, но и собственно карстовый, суффозионно-карстовый характер. В данном случае процесс развития карста был рассмотрен на участке проектируемого трубопровода «Сила Сибири».

Исследуемый участок находится в Жигаловском и Казачинско-Ленском районах Иркутской области. В геоморфологическом отношении приурочен к Ангаро-Ленскому плато, верховьям правобережных притоков реки Лены – рек Орлинги и Чичапты. В структурно-тектоническом плане частично расположен на территории Ангаро-Ленской моноклизы (территория Жигаловского вала Верхне-Ленской впадины), а также между Непско-Ботуобинской антеклизой и Предбайкальской впадиной.

Геологический разрез в пределах исследуемого участка представлен осадочными терригенно-карбонатными породами трех отделов (нижнего, среднего, верхнего) кембрийской системы (C_{1-3}), всеми тремя отделами ордовикской системы (O_{1-3}), песчаными отложениями нижнего отдела юрской системы (J_1), отложениями неогеновой системы (N_2), покрытыми плащом несцементированных четвертичных образований (Q). Кембрийская система в литологическом отношении сложена глинистыми и известняковыми доломитами, известняками, доломитовыми мергелями, ангидритами, брекчиями, глинистыми сланцами и песчаниками. Из отложений ордовика с карстологической точки зрения интересны Усть-кутская (O_{1uk}) и Ийская (O_{1is}) свиты нижнего отдела. Они представлены толщей терригенно-карбонатных пород (песчаниками на известковистом цементе, которые сменяются известняками водорослевыми, оолитовыми, часто песчанистыми, переслаивающимися алевrolитами, аргиллитами).

В гидрогеологическом отношении рассматриваемый участок принадлежит Восточно-Сибирской гидрогеологической платформенной области, Ангаро-Ленскому и Якутскому артезианским бассейнам пластовых вод (первого порядка), Илгинскому бассейну (второго порядка) и Нюйскому гидрогеологическому району. Высокая прерывистость мерзлой зоны в сочетании с закарстованностью пород на водоразделах и значительным эрозионным врезом речных долин обеспечивают хорошие условия инфильтрации атмосферных осадков и взаимосвязь поверхностных и подземных вод.

Пластово-поровые воды приурочены к четвертичным отложениям. Глубина залегания вод от 0,5 до 1,5 м. По химическому составу воды пресные с минерализацией до 0,2 г/дм³, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. Трещинно-пластовые воды приурочены к ордовикским и кембрийским отложениям. Воды ультрапресные, с минерализацией до 0,1 г/дм³, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. В усть-кутской свите установлено два водоносных горизонта,

наиболее водообилен верхний горизонт. Водовмещающими породами являются кварцевые и полевошпат-кварцевые песчаники и трещиноватые известняки. Водоупором служат прослои алевролитов и аргиллитов. Воды в верхней части разреза пресные с минерализацией до $0,25 \text{ г/дм}^3$, гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные натриево-кальциевые; с глубиной величина минерализации повышается до $4,5 \text{ г/дм}^3$. Воды всех встреченных водоносных горизонтов агрессивны к карстующимся породам.

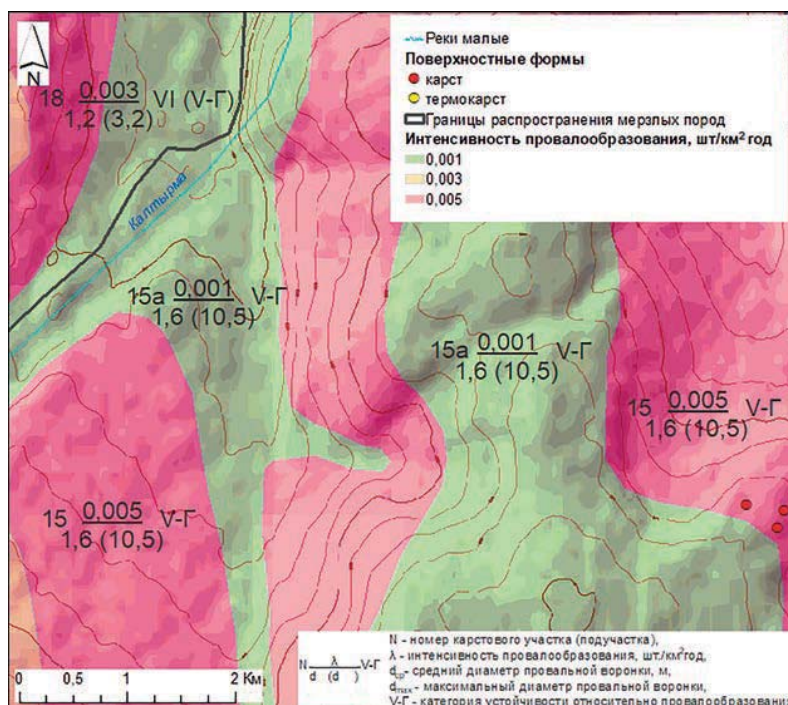
Согласно карстологическому районированию Р.А. Цыкина [4,5], изучаемый участок входит в карстовую страну Сибирской платформы, карстовую область Ангаро-Ленского прогиба (V). Территория относится к зоне платформенного интенсивного развития плиоцен-четвертичного карста в карбонатных породах [1,2], характеризуется развитием карстовых процессов в толще переслаивания карстующихся и некарстующихся пород. Вследствие перекрытия карстующихся пород кембрия и ордовика терригенными некарстующимися отложениями поверхностные карстовые формы развиты достаточно слабо и представлены мелкими единичными воронками карстово-суффозионного генезиса, а также воронками, рвами и западинами, связанными с гравитационными процессами оползания склонов. Кроме собственно карстового процесса, на исследуемой территории существует вероятность протекания процессов химической суффозии (кластокарста). Согласно схематической карте развития суффозии на территории России [3], изыскиваемый участок относится к территории с развитием суффозии путем выноса заполнителя трещин и полостей в скальных породах и подземной эрозии в виде кластокарста.

На первых этапах оценки карстоопасности были произведены дешифрирование космоснимков и анализ топографических карт. На исследуемой территории выявлено более 1000 полей с поверхностной деформацией, треть из которых по результатам рекогносцировочного обследования и данным бурения отнесена к термокарстовым. По результатам анализа данных инженерно-геологического бурения отмечено, что в толще карстующихся пород, пусть и редко, но присутствуют зоны разуплотнения, характерные для протекания как классического карстового процесса, так и химической суффозии.

Карстологическое районирование проводилось с учетом основных условий, степени и характера развития карста, на основе анализа которых последовательно выделялись таксоны. Так, районы выделены по структурно-тектоническому признаку. Важное значение при районировании карста имеет геокриологическая обстановка. В области развития многолетней мерзлоты в приповерхностной зоне процесс карста развиваться практически не будет, тогда как на участках развития талых грунтов в присутствии подземных вод возможна активизация неблагоприятных явлений карстово-суффозионной природы, в связи с чем участки выделены с учетом наличия или отсутствия многолетнемерзлых пород в разрезе. Подучастки выделены по геологическому принципу с учетом типа геологического разреза и глубины залегания карстующихся пород. Таксоны следующего порядка – зоны, выделены по геоморфологическому признаку с учетом проведенного линеаментного анализа. Карст развивается наиболее активно в пределах склонов речных долин и ручьев, тогда как на водоразделах и в пойменных частях поверхностные карстовые формы достаточно редки.

Расчет параметров карстоопасности, регламентированных требованиями нормативных документов (интенсивности провалообразования и средних диаметров провалов), выполнен в пределах самых мелких таксонометрических единиц (зон) на основе распространения карстовых форм. Там, где поверхностные формы отсутствовали, значение интенсивности определено экспертно с учетом геоморфологических особенностей и плотности линераментов. Средние и максимальные диаметры карстовых форм оценены расчетными методами с использованием аналитического подхода В. В. Толмачева и Г. М. Троицкого (максимальные размеры), а также численного компьютерного моделирования (средние, наиболее вероятные диаметры). Фрагмент карты районирования по карстоопасности исследуемой территории приведен на рисунке 1.

В результате районирования исследуемой территории установлено, что большая ее часть отнесена к участкам, характеризующимся отсутствием в разрезе многолетнемерзлых пород. Карстопроявления также преобладают в пределах подучастков с глубиной залегания карстующихся пород, превышающей 10 м. Соотношение количества карстовых форм в пределах подучастков с глубиной залегания кровли карстующей толщи менее 10 м и более 10 м составляет 2,5:1.



Фрагмент карты районирования территории по карстоопасности

Список литературы

1. Гутарева, О. С. Карст в природных и техногенно измененных условиях на юге Восточной Сибири /, О. С. Гутарева, Е. А. Козырева, Ю. Б. Тржцинский // География и природные ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 96–103.
2. Инженерная геология СССР. Том 3. Восточная Сибирь. – Москва : Изд-во МГУ, 1977.

3. Хоменко, В. П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов / В. П. Хоменко. – Москва : ГЕОС, 2003.

4. Цыкин, Р. А. Современный и древний карст Сибири. Карст Дальнего Востока и Сибири : сборник научных материалов / Р. А. Цыкин. – Владивосток, 1980. – С. 55–91.

5. Цыкин, Р. А. Карст Сибири Р. А. Цыкин. – Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, , 1990.

КРИОЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ОБСТАНОВКА ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

А. А. Куть, В. В. Спектор

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

CRYOLITHOLOGICAL DESCRIPTION AND SEDIMENTATION ENVIRONMENT OF PERIGLACIAL SEDIMENT IN CENTRAL YAKUTIA

A. A. Kut, V.V. Spektor

Melnikov permafrost institute SB RAS, Yakutsk, Russia

Аннотация. В работе представлены предварительные результаты анализа обстановки осадконакопления отложений Абалахской эрозионно-аккумулятивной поверхности в позднем плейстоцене на основании криолитологического описания разреза и микроморфологического анализа поверхности кварцевых зерен.

Abstract. This paper presented preliminary results of Abalakh accumulative plate sedimentation environment in the Late Pleistocene. The data based on cryolithological description of sediments and micromorphological analyze of quartz grain's surface.

Введение. Абалахская эрозионно-аккумулятивная поверхность занимает центральную, наиболее высокую часть Лено-Амгинской равнины. Накопление отложений и формирование поверхности произошло в условиях медленного тектонического опускания территории с некоторыми кратковременными поднятиями в каргинское время в результате дегляциации (Иванов, 1984, Спектор, 2003). Генезис отложений, слагающих Абалахскую поверхность, приводится в работах Соловьева П. А. (1961), Катасонова Е. М. и Иванова М. С. (1973), Иванова М. С. (1984).

Методы. Для продолжения изучения обстановки осадконакопления и условий формирования Абалахской поверхности в 2018 году на водоразделе Лено-Амгинского междуречья была пробурена скважина 18/1 глубиной 94,5 м (N62,659659° E 131,386478°).

Изучение отобранных зерен микроморфологическим методом было выполнено для 6 проб, отобранных из интервалов 19,75–20,3, 29,9–30,3, 49,9–50,3, 70,4–70,8, 79,7–80,1 и 91,2–91,7 м. Аналитическая обработка полученных данных включала в себя описание степени окатанности частиц и заматованности поверхности согласно классификации Cailleux (1942): RM – эоловые,

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНЫХ
И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КРИОЛИТОЗОНЕ**

**МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
посвященной 60-летию образования Института мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН**

г. Якутск (Россия), 28-30 сентября 2020 г.

Работа выполнена в авторской редакции
Компьютерная верстка А. А. Фёдоровой.

Подписано в печать 21.09.2020. Формат 70x108 1/16.
Гарнитура «Таймс». Бумага писчая № 1. Усл.печ. л. 40,3 . Уч.-изд. л. 37,8
Тираж 300 экз. Заказ № 81.

Издательство и типография ФГБУН Институт мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН.
677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36, ИМЗ СО РАН