



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

2. Isaev V.S., Koshurnikov A.V., Pogorelov A., Amangurov R.M., Podchasov O., Sergeev D.O., Buldovich S.N., Aleksyutina D.M., Grishakina E.A., Kioka A. Cliff retreat of permafrost coast in south-west Baydaratskaya Bay, Kara Sea, during 2005–2016 // *Permafrost and Periglacial Processes*. 2018, 1–12.

ТЕРМОЦИРКИ КАРСКОГО РЕГИОНА: ПОЛЕВЫЕ И ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. В. Хомутов*, М. О. Лейбман***, Ю. А. Дворников*, Е. А. Бабкина*,
Н. Г. Белова****, А. И. Кизяков***, Р. Р. Хайруллин*,
Н. Б. Нестерова**, Я. В. Тихонравова******

* *Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень, Россия*

** *Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия*

*** *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
г. Москва, Россия*

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

THERMOCIRQUES OF KARA REGION: FIELD METHODS AND REMOTE SENSING

A. V. Khomutov*, M. O. Leibman***, Yu. A. Dvornikov*, E. A. Babkina*,
N. G. Belova****, A. I. Kizyakov***, R. R. Khairullin*, N. B. Nesterova**,
Ya. V. Tikhonravova******

* *Earth Cryosphere Institute Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia*

** *Tyumen State University, Tyumen, Russia*

*** *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

**** *Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia*

Аннотация. Представлены результаты применения полевых и дистанционных методов исследования современного этапа активизации термоденудационных процессов по подземным льдам в Карском регионе в связи с климатическими изменениями в Арктике.

Abstract. We present the results of field and remote sensing methods application in the study of recent thermal denudation activation in Kara region due to massive ground ice thaw related to climate change in the Arctic.

Термоденудация – деструктивный рельефообразующий криогенный процесс, необходимым условием которого является наличие в разрезе подземных льдов и сильнольдистых мерзлых пород [1]. Активизация этого процесса вызывается, как правило, увеличением глубины сезонного протаивания на участках близкого к поверхности залегания подземных льдов. Сочетание криолитологических, геоморфологических и климатических условий на разных участках и в разные промежутки времени вызывает вскрытие пластовых льдов и формирование специфических форм рельефа – термоцирков и термотеррас

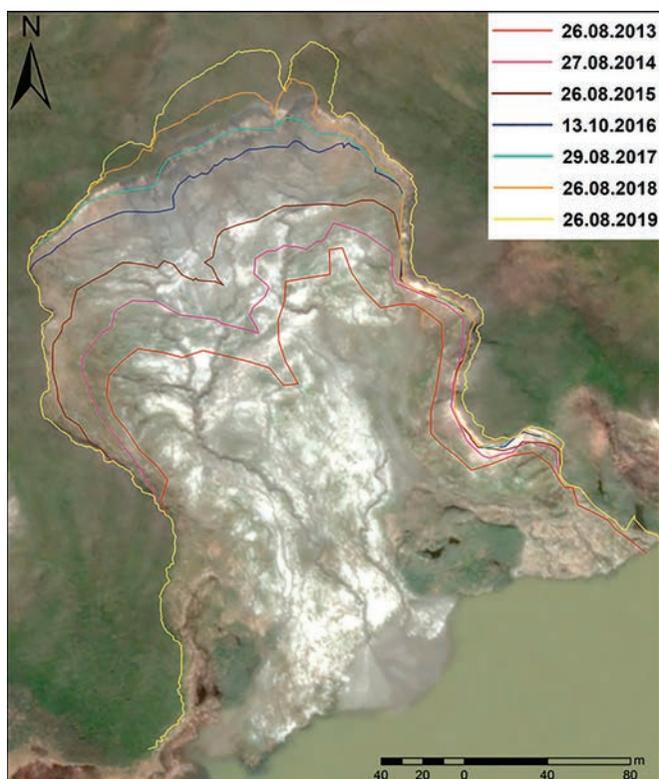
[2]. Термоденудация активна на морских побережьях при совместном действии тепла и волн, и в значительно меньшей степени проявляется вдали от морских побережий.

Залежеобразующие льды, характерные для арктических ландшафтов полярной области на фоне тренда потепления, определили в последние годы резкую активизацию термоденудации и вдали от морских берегов. Особое место в исследованиях изменений, происходящих в природе Арктики, занимают вопросы, касающиеся устойчивости многолетнемерзлых пород к климатическим трендам, в том числе к проявлению термоденудации [3–10]. Неоднозначность реакции криолитозоны на климатические изменения определяет необходимость подробного изучения механизмов наблюдаемых явлений и анализа факторов, определяющих их развитие, с использованием различных полевых и дистанционных методов исследований.

По нашим наблюдениям, в период до 2012 г. термоцирки, образованные слиянием криогенных оползней течения, расширяющиеся от года к году, были характерны только для прибрежной части Карского моря. В глубине суши, по берегам озер и рек наблюдались единичные эпизодически активные термоцирки. После 2012 г. криогенные оползни течения с формированием крупных термоцирков появились и активно расширились на Центральном Ямале [11]. Одной из задач исследований стало выявление территорий, на которых процессы термоденудации распространились вглубь суши как реакция на резкое увеличение глубины протаивания, которая достигла верхней границы пластовых подземных льдов [12, 13].

Опорным участком для изучения современного этапа активизации термоденудации в Карском регионе, связанной с формированием термоцирков, выступает территория на Центральном Ямале, прилегающая к научному стационару «Васькины Дачи» [14]. Начиная с 2012-2013 гг. здесь проводится детальный полевой мониторинг нескольких ключевых термоцирков (рис. 1) с использованием наземных GPS-съемок, а также детальной съемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). К 2019 г. темпы прироста большинства наблюдаемых термоцирков, активизировавшихся в 2012-2013 гг., снизились. С помощью наземной и БПЛА-съемки помимо морфометрических данных о термоцирках, как формах рельефа, получены данные о глубине залегания, структуре и текстуре, характере подземных льдов и вмещающих пород. Это позволило определить закономерности изменения глубины залегания кровли пластового льда, влияющие на темпы развития термоцирков.

В западной части Карского региона наиболее исследована полоса побережья Югорского полуострова к востоку от пос. Амдерма. Здесь в период 2001-2010 гг. наблюдалась активная термоденудация, велись инструментальные наблюдения за отступанием бровок берегового уступа с пластовыми льдами [15–17]. В 2019 г. на ключевом участке «Первая Песчаная» проведены повторные инструментальные наблюдения за развитием прибрежных термоцирков, обнаружены новые термоцирки на значительном удалении от морского побережья [18], и обследовано строение разреза многолетнемерзлых четвертичных отложений этих термоцирков [19]. Наблюдавшиеся ранее [16, 20] активные прибрежные термоцирки частично стабилизировались. Продолжает развиваться только фрагмент одного из двух прежде активных термоцирков.



Картограмма наиболее крупного ключевого термоцирка в окрестностях стационара «Васькины Дачи». Фон – WorldView-2, 10.07.2018 г.

На расстоянии 0,4 км и более от морского берега обнаружены различные термоденудационные формы рельефа от криогенных оползней течения до крупных термоцирков. Активная площадь одного из выявленных термоцирков, приуроченного к верхней части ложбины стока, впадающей в лагуну Первую Песчаную в 0,6 км от берега, составляет не менее 50 тыс. м². Базис эрозии (лагуна) удален от активной стенки термоцирка на 2,5 км. Особенности криолитологического строения обследованного разреза этого термоцирка [19] и ранее обследованных обнажений прибрежных термоцирков [20], такие как: согласный верхний контакт залежей, слоистость во льду, постепенное уменьшение содержания грунтовых включений во льду вниз по разрезу, наличие в соседних разрезах сходных по морфологии пластов льда, залегающих в отложениях иного литологического состава и другие, еще раз подтверждают гипотезу о формировании пластовых залежей в результате медленного эпигенетического промерзания вмещающих отложений.

Таким образом, наблюдаемая активизация термоденудационных процессов на разных участках Карского региона на удалении от морских побережий, т.е. не зависящая от волновой активности моря, является одним из этапов постепенно возрастающей и обусловленной климатическими изменениями в Арктике активности криогенных процессов, связанных с залежами подземных льдов во внутренних районах вдоль Карской субширотной трансекты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-60222).

Список литературы

1. Кизяков, А. И. Рельефообразующие криогенные процессы: обзор литературы за 2010–2015 годы / А. И. Кизяков, М. О. Лейбман // Криосфера Земли. – 2016. – Т. XX, № 4. – С. 45–58.
2. Лейбман, М. О. Криогенные оползни Ямала и Югорского полуострова / М. О. Лейбман, А. И. Кизяков. – Москва, 2007. – 206 с.
3. . Разнонаправленные криогенные процессы береговой зоны морей Лаптевых и Восточно-Сибирского / А. А. Бакулин [и др.] // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 4-4 (25). – С. 138–140.
4. Белова, Н. Г. Пластовые льды юго-западного побережья Карского моря / Н. Г. Белова. – 2014. – 180 с.
5. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Разд.4, Гл.4.3 Многолетняя мерзлота. – 2014. – С. 410–458.
6. Гусев, Е. А. Наблюдения за геоморфологическими процессами на севере Западной Сибири (на примере района Сопочной Карги) / Е. А. Гусев // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 9. – С. 19–22.
7. Кизяков, А. И. Динамика термоденудационных процессов на побережье Югорского полуострова / А. И. Кизяков // Криосфера Земли. – 2005. – Т. IX. – № 1. – С. 63–67.
8. Деструктивные рельефообразующие процессы побережий Арктических равнин с пластовыми подземными льдами / А. И. Кизяков [и др.] // Криосфера Земли. – 2006. – Т. X, № 2. – С. 79–89.
9. Льдистые породы и термоденудация в районе пос. Батагай (Янское плоскогорье, Восточная Сибирь) / В. В. Куницкий [и др.] // Криосфера Земли. – 2013. – Т. XVII, № 1. – С. 56–68.
10. Пижанкова, Е. И. Термоденудация в береговой зоне Ляховских островов (результаты дешифрирования аэрокосмических снимков) / Е. И. Пижанкова // Криосфера Земли. – 2011. – Т. XV. – № 3. – С. 61–70.
11. Khomutov, A. et al. Thermal denudation due to climate fluctuations as a driver for relief transformation in central Yamal, Russia. 5th European Conference on Permafrost, 2018, p. 283–284.
12. Активизация криогенных процессов на территории Центрального Ямала как следствие региональных и локальных изменений климата и теплового состояния пород / Е. А. Бабкина [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2019. – № 4. – С. 99–109.
13. Nesterova, N.B. et al. The specificity of thermal denudation feature distribution on Yamal and Gydan peninsulas, Russia. EGU General Assembly 2020, EGU2020-746.
14. Лейбман, М. О. Стационар «Васькины Дачи» на Центральном Ямале: 30 лет исследований / М. О. Лейбман, А. В. Хомутов // Криосфера Земли. – 2019. – Т. 23, № 1. – С. 91–95.
15. Вклад термоэрозии и термоденудации в отступление берегов Югорского полуострова / А. А. Губарьков [и др.] // Доклады Академии Наук. – 2008. – Т. 423, № 4. – С. 543–545.
16. Хомутов, А. В. Ландшафтные факторы изменения скорости термоденудации на побережье Югорского полуострова / А. В. Хомутов, М. О. Лейбман // Криосфера Земли. – 2008. – Т. 12. – № 4. – С. 24–35.
17. Проект геопортала МГУ «Геоинформационная система участка побережья Югорского полуострова» / А. И. Кизяков [и др.] // Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире : мат-лы 10-ой Международной конференции по мерзлотоведению (TICOP). – 2012. – Т. 5. – С. 137–138.

18. Термоденудационные процессы на побережье Югорского полуострова. Геология морей и океанов / А. В. Хомутов [и др.] // Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – 2019. – Т. II. – С. 168–172.

19. Многолетнемёрзлые отложения с пластовыми льдами на побережье Югорского полуострова / Н. Г. Белова [и др.] // Арктика и Антарктика. – 2019. – № 4. – С. 74–83.

20. Генезис деформаций в голоцен-четвертичных отложениях с пластовыми льдами на Югорском полуострове / Е. А. Слагода [и др.] // Криосфера Земли. – 2010. – Т. XIV. – № 4. – С. 30–41.

ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТУМАТСКОЙ И ОЛЕНЕКСКОЙ ПРОТОК ДЕЛЬТЫ Р. ЛЕНЫ

И. И. Христофоров, М. Н. Григорьев, Г. Т. Максимов, К. П. Данилов
Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

STUDY OF THE TUMAT AND OLENEK CHANNELS BOTTOM SEDIMENTS OF THE LENA DELTA BY GPR

I. I. Khristoforov, M. N. Grigoriev., G. T. Maximov, K. P. Danilov
Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia

Аннотация. В докладе представлены результаты георадарного исследования донных отложений Туматской и Оленекской проток дельты р. Лены. Измерения проведены с поверхности воды с использованием георадаров ОКО-2 с частотой 50 и 100 МГц. В донных отложениях обнаружены слои длиной до 50 метров с отрицательными температурами.

Abstract. The GPR results of the Tumat and Olenek channels bottom sediments (the Lena river Delta) is presented. Measurements were made from the water surface using ОКО-2 GPR antenna with a frequency of 50 MHz and 100 MHz. Layers up to 50 meters long with minus temperatures were found in the bottom sediments.

Полевые георадиолокационные работы проведены 4-5 августа 2019 г. на протоках р. Лены в западной части о. Самойловский. Измерения проведены в режиме профилирования по известным трем ключевым профилям, где пробурены скважины с известной геологией. Работы выполнены георадарами «ОКО-2» (ООО «Логис-ГЕОТЕХ», Россия) с линейными антеннами 50 и 100 МГц [1]. В ходе рекогносцировочных работ по затуханию сигналов в исследуемой среде применены следующие параметры сканирования: развертка 800 нс; накопление сигналов – 16; режим записи – непрерывное профилирование.

Измерения проведены с помощью резиновой лодки с подвесным мотором. Для дополнительной герметизации и плавучести линейных антенн на поверхности воды, а также для жесткости конструкции использован плотный матерчатый материал пожарных шлангов.