

МОНИТОРИНГ ПОЛИГОНАЛЬНО-ЖИЛЬНЫХ СТРУКТУР ТОРФЯНИКОВ ПО БЕРЕГАМ ОЗЕР НА СЕВЕРЕ ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

¹Данько М.М., ^{1,2}Хомутов А.В.

¹Институт криосферы Земли, Тюмень, Россия

²Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

С 2021 года на севере Пур-Тазовского междуречья проводится мониторинг полигонально-жильных структуры на берегах озер, которые испытывают воздействие различных факторов. Выделено несколько факторов, которые могут оказывать основное воздействие на подземные льды. Для проведения мониторинга применяются комплексные методы полевых исследований, совмещаемые с обработкой данных дистанционного зондирования. Целью исследования является попытка оценить динамику изменений полигонально-жильных структур используя новые подходы.

Ключевые слова: берега озер, глубина протаивания, ДДЗ, полигонально-жильные льды, полигональные торфяники

Введение. Морозобойное трещинообразование – одно из самых распространенных процессов в области многолетнемерзлых пород и глубокого сезонного промерзания. При многократном повторении процесса по морозобойным трещинам образуются полигонально-жильные структуры, к числу которых относятся различные категории грунтовых жил, повторно-жильные льды и возникающие при их оттаивании псевдоморфозы [Романовский, 1977].

В районах распространения многолетнемерзлых пород широко развит полигональный рельеф, который формируется системой морозобойных трещин с образованием полигонально-жильных льдов [Достовалов, Кудрявцев, 1967]. Широкое распространение на севере Западной Сибири имеют залегающие с поверхности многолетнемерзлые льдистые и талые торфяные массивы. Часть этих массивов имеет четкий полигональный рисунок в плане. [Хомутов и др., 2022].

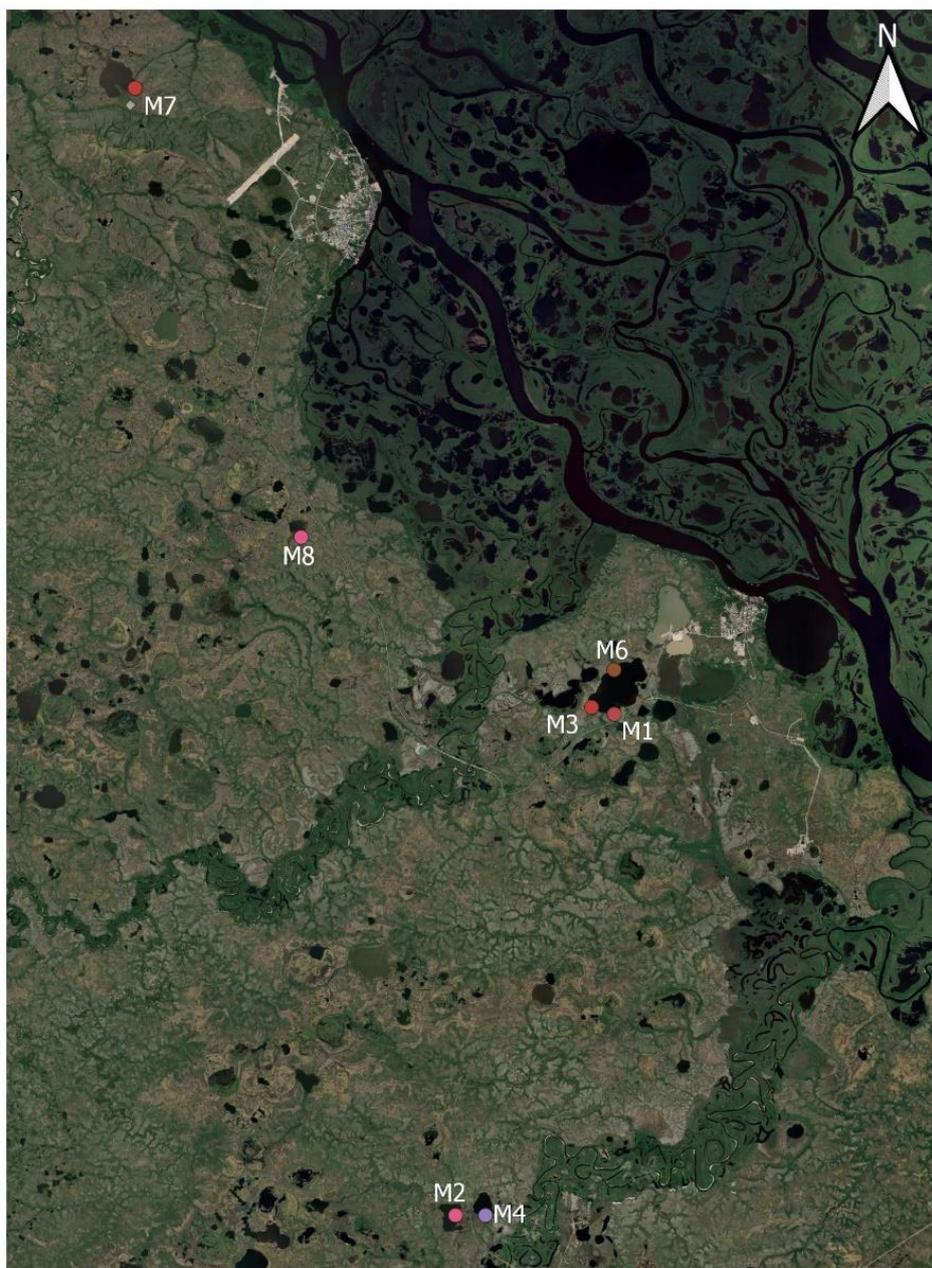
По Н.Н. Романовскому, под полигонально-жильными льдами обычно понимают ледяные жилы, заключенные в многолетнемерзлых породах. Однако развивающиеся полигонально-жильные структуры, включающие жилы льда, являются двухъярусными образованиями: нижний ярус представлен ледяной жилой, а верхний – грунтовым образованием, приуроченным у развивающихся структур в основном к сезонно-талому слою [Романовский, 1977].

Протаивание верхних частей ледяных жил – это процесс, непременно сопутствующий их развитию. Он систематически приводит к просадкам грунтовой части полигонально-жильного льда в одних случаях на несколько сантиметров, в других – на несколько десятков сантиметров. При этом над жилой образуются полость, обычно заполненная рыхлой породой. В связных отложениях слои породы в сезонно-талом слое приобретают изгиб в сторону жилы. В образовавшихся над жилами понижениях – бороздах или «канавах» меняется влажностный режим, происходит заболачивание и торфонакопление [Романовский, 1977].

Торфяники могут характеризоваться углублением межполигональных понижений, возникающим за счет современных климатических колебаний и техногенного влияния, приводящих к увеличению сезонно-талого слоя на полигонах и подтаиванию верхней части ледяных жил, а также к развитию термокарста, термоэрозии, термоденудации. Такие более глубокие межполигональные понижения при отсутствии переувлажнения и развития криогенных процессов, приводящих к деградации изначально преимущественно мохового растительного покрова, становятся благоприятными для развития кустарниковой растительности. Обильное развитие кустарников, занимающих надземной биомассой весь

объем межполигональных понижений, замедляет вытаивание полигонально-жильного льда. [Хомутов и др., 2022].

Район исследований. С 2021 года проводится мониторинг полигонально-жильных структур на полигональных торфяниках по берегам озер на севере Пур-Тазовского междуречья (Рис. 1). В 2021 году было заложено 3 площадки мониторинга в местах, где на полигонально-жильные структуры оказывают влияние различные факторы. В 2022 году заложено еще 4 площадки для наращивания статистической базы. Главная цель проводимых исследований – оценка устойчивости полигонально-жильных льдов на берегах озер на фоне меняющегося климата.



Условные обозначения



Рис. 1. Расположение участков исследования

Методы исследований. Оборудованные площадки имеют разные размеры в зависимости от размеров полигонально-жильных структур, измерения проводятся с шагом 1 метр. Исследования на площадках включает в себя классические методы измерения глубины протаивания металлическим щупом через каждый метр, как в полигональной (фоновой) части структуры, так и в межполигональных понижениях (канавах), для отслеживания динамики развития двух различных фаций торфяника.

Отступление берегов и изменение берегового рельефа в результате деградации полигонально-жильных льдов оценивается с применением БПЛА-съемки и дистанционными методами по космическим снимкам сверхвысокого разрешения (QuickBird, WorldView-2,3).

Для пространственного сопоставления динамики глубины протаивания и изменения рельефа поверхности в программе Surfer методом изолиний были построены карты глубины протаивания на площадках мониторинга за 2021 и 2022 год.

Результаты полевых исследований 2022 г. Для оценки динамики и особенностей состояния многолетнемерзлых пород проведен анализ данных измерения глубины протаивания и результатов БПЛА-съемки. Площадки мониторинга располагаются на различающихся берегах озер на разных геоморфологических уровнях Пур-Тазовского междуречья, и сложены в основном торфами разной мощности. Измерения проводятся второй год подряд в сентябре.

При сравнении ортофотопланов, полученных в результате БПЛА-съемки, за 2021 и 2022 гг. наблюдается небольшое разрушение поверхности полигонов, как в береговой части торфяника, так и на удалении. В основном оттаивают части полигона, которые были уже отделены от основной части торфяника, как например показано на рис. 2АБ. Проведено сопоставление ортофотопланов с картами глубины протаивания, построенными по результатам полевых измерений. В 2021 г. (Рис. 2В) максимальное протаивание (>130 см) наблюдается в береговой части межполигонального понижения, видимо из-за влияния волновой активности озера. Также наблюдается глубокое протаивание (>100 см) в центральной части межполигонального понижения, и в некоторых точках наблюдения в удаленной от берега части жилы, где, по всей видимости, началось развитие термокарста, но заметно меньше влияние волновой активности озера и лучшего развития густого кустарникового растительного покрова. В результате измерений в 2022 г. (Рис. 2Г) заметно, что максимальное протаивание (>130 см) также характерно для береговой части, а в центральной части межполигонального понижения, по всей видимости из-за прогрессирования термокарста и последовавшего за этим уменьшения густоты растительного покрова. Также произошло увеличение протаивания (>110 см) в наиболее удаленных от берега частях межполигональных понижений, возможно в связи с возросшей мощностью накопившегося к концу холодного периода 2021-2022 г. В полигональной части жилы повсеместно увеличилось протаивание на 4%.

На площадках М1 и М2 (табл. 1) наблюдается увеличение глубины протаивания на полигонах и уменьшение в межполигональных понижениях. Эти площадки сложены преимущественно торфом мощностью до нескольких метров. На площадке М3 глубина протаивания увеличилась и на полигонах, и в понижениях. Площадка М3 сложена с поверхности 30-сантиметровым слоем торфа, а далее залегают пески разной размерности.

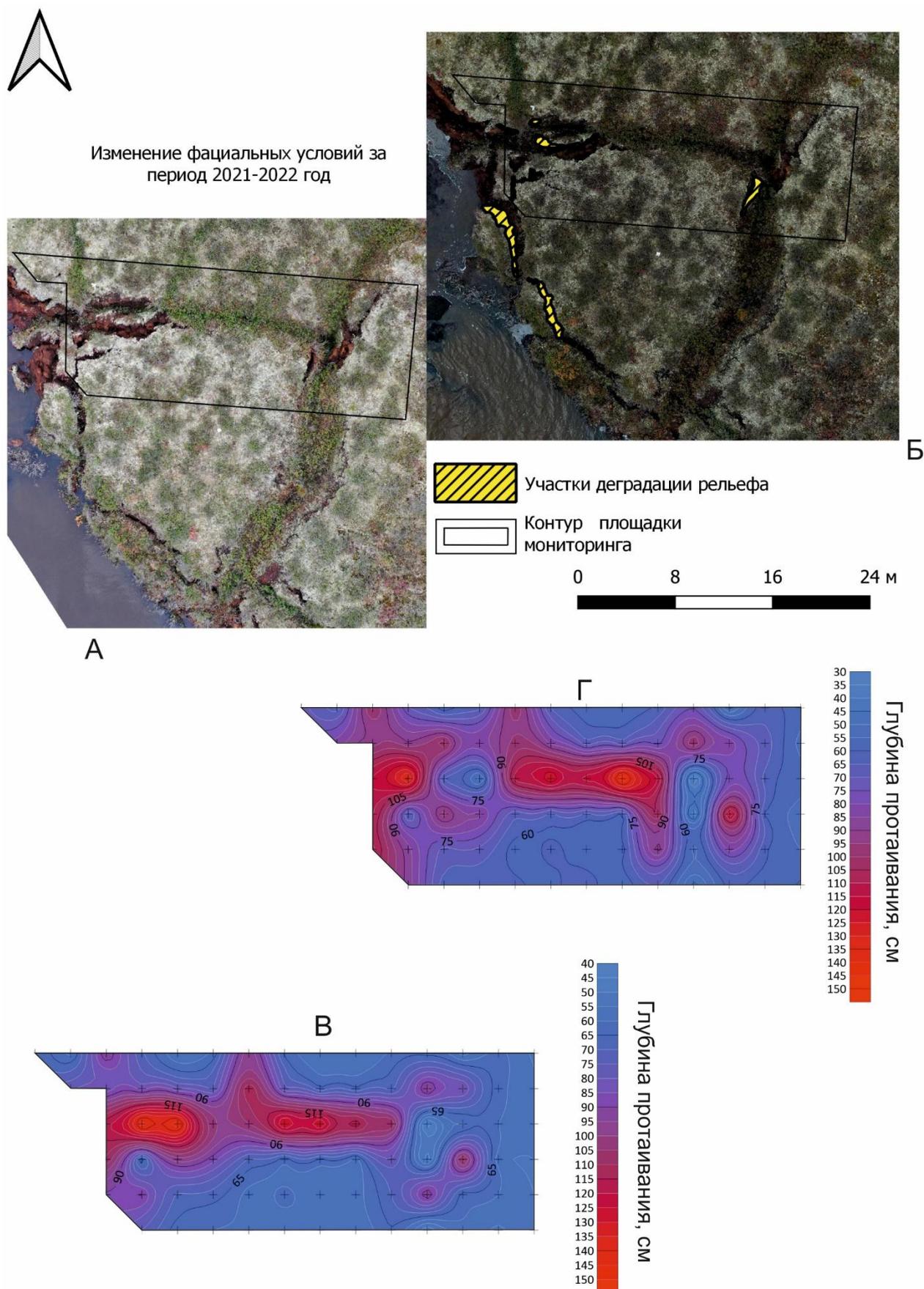


Рис. 2. Ортофотопланы площадки М2 за 2021 (А) и 2022 (Б) гг., карты глубины протаивания площадки М2 за 2021 (В) и 2022 (Г) гг.

Таблица 1. Средние значения глубины протаивания на разных площадках мониторинга

Индекс площадки	Фациальные условия	Глубина протаивания, см	
		2021	2022
М1	полигон	68	72
	понижение	77	73
М2	полигон	70	73
	понижение	92	81
М3	полигон	100	107
	понижение	89	92

На рисунке 3 представлено сравнение данных по глубине протаивания на площадках мониторинга полигонально-жильных структур на берегах озер с данными более длительного мониторинга сезонно-талого слоя полигональных торфяников. С 2017 г. ведется мониторинг на полигональном торфянике с полигонально-жильным льдом, вытаявающим вследствие развития криогенных процессов после строительства автодороги на фоне меняющегося климата (1PeatTaz), и с 2018 г. – на полигональном торфянике без заметной деградации полигонально-жильного льда, на который оказывают влияние только климатические колебания (2PeatTaz). За прошедший полевой сезон на площадках 2PeatTaz, М1 и М2 наблюдается небольшое увеличение протаивания. Площадки схожи по литологическому составу и факторам воздействия на торфяник и полигонально-жильный лед. На площадке М3 наблюдается самое глубокое протаивание по сравнению с другими площадками мониторинга, связанное скорее всего с другим строением разреза на этой площадке. На 1PeatTaz произошло уменьшение протаивания, скорее всего вследствие стабилизации криогенных процессов.

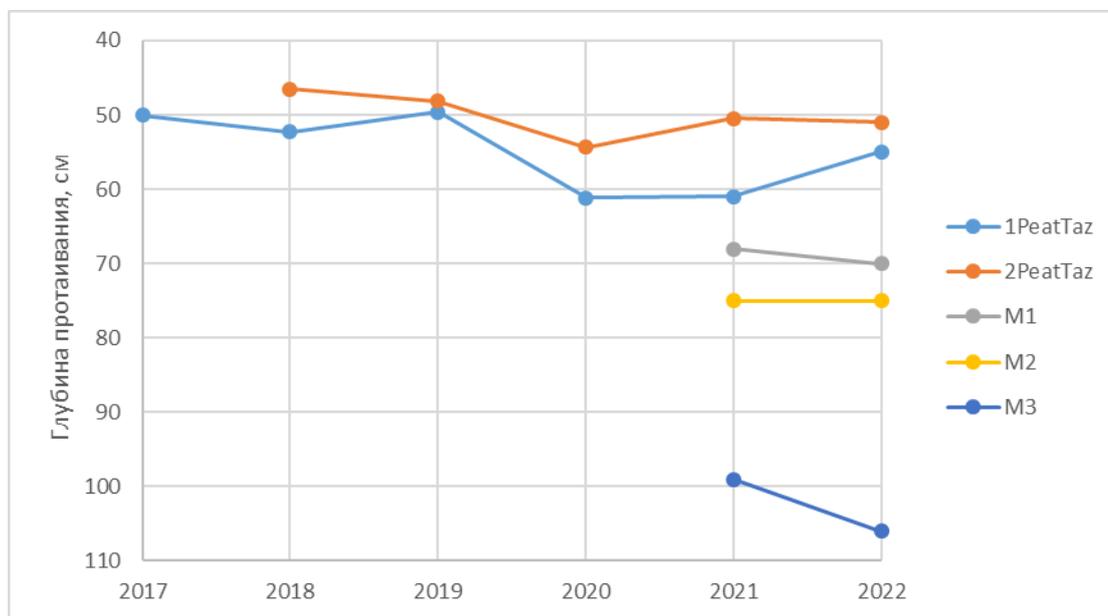


Рис. 3. График сопоставления средних значений глубины протаивания на разных площадках мониторинга

В апреле 2022 года была проведена снегомерная съемка на площадках для оценки влияния мощности снежного покрова на сезонно-талый слой и многолетнемерзлые породы. Для примера на рисунке 4 показано распределение снежного покрова на площадке М2. Наибольшей мощности (>100 см) снежный покров достигает в береговой части и в районе перекрестья двух жил.

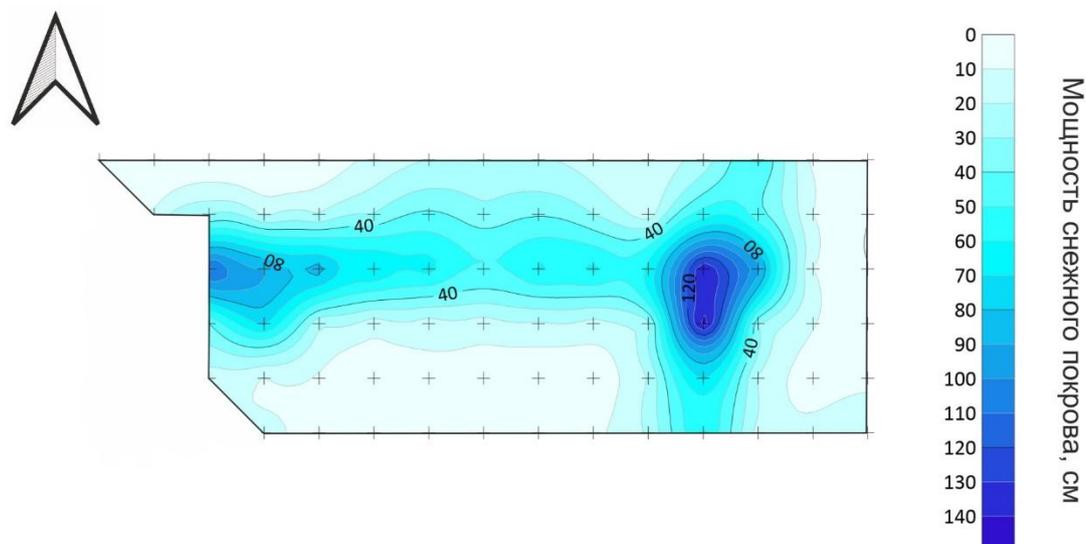


Рис. 4. Модель распределения снежного покрова на площадке мониторинга М2 по данным снегомерной съемки в апреле 2022 г.

Выводы. Таким образом, для исследуемых ключевых участков, наблюдается увеличение глубины протаивания в полигональной части на 4-5%. В межполигональных понижениях также наблюдается увеличение глубины протаивания в береговой части жилы на 2-3%, в связи с волновой активностью озера. В других частях межполигональных понижений есть как увеличение, так и уменьшение глубины протаивания.

ЛИТЕРАТУРА

- Достовалов Б.Н., Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. М.: МГУ. 1967. 403 с.
Романовский Н.Н. Формирование полигонально-жилых структур. Новосибирск.: Наука. 1977, 213 с.
Хомутов А.В., Королева Е.С., Данько М.М., Хайруллин Р.Р. Полигональные торфяники севера Западной Сибири: распространение и вопросы классификации // Мониторинг в криолитозоне. Москва. 2022, С. 745-751.

MONITORING OF POLYGONAL-VEIN STRUCTURES OF PEATLANDS ALONG THE SHORES OF LAKES IN THE NORTH OF THE PUR-TAZ INTERFLUVE

¹Danko M.M., ^{1,2}Khomutov A.V.

¹Earth Cryosphere Institute, Tyumen, Russia

²University of Tyumen, Tyumen, Russia

Since 2021, monitoring of geocryological conditions and cryogenic processes in the north of the Pur-Taz interfluve has been carried out. The objects of study are polygonal-vein structures on the shores of lakes, which experience different effects from various factors. The authors identified several factors that can have a major impact on ice. For monitoring, complex methods of field research are used, combined with the processing of remote sensing data. The goal is to try to evaluate the dynamics of changes in polygonal-vein structures using new methods.

Keywords: lake shores, thaw depth, remote sensing, polygonal-vein ice, polygonal peatlands