doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-507-511

РАЗВИТИЕ ПОЛИГОНАЛЬНОГО РЕЛЬЕФА В ЗОНЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «ТОРФЯНИК-ОЗЕРО» НА СЕВЕРЕ ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

✉ *Данько М.М., Хомутов А.В.*

Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия
✉ *mdanko1996@mail.ru*

На севере Пур-Тазовского междуречья проводится детальный мониторинг полигональных торфяников, которые испытывают воздействие различных естественных и антропогенных факторов. С 2021 г. проводится мониторинг развития полигонального рельефа в зоне взаимодействия с озерами. Для проведения мониторинга применяется комплекс методов полевых исследований, совмещаемых с обработкой данных дистанционного зондирования. Целью исследования является оценка динамики развития полигонально-жильных систем в зоне взаимодействия торфяников с озерами под влиянием естественных факторов.

Ключевые слова: *глубина протаивания, озера, полигонально-жильная система, полигональный торфяник, Пур-Тазовское междуречье*

Введение. Последнее время из-за увеличения количества дней теплого периода и сумм положительных температур воздуха происходит активное развитие криогенных процессов, ведущих к деградации полигонально-жильных систем (ПЖС) и, соответственно, полигонального рельефа. На севере Западной Сибири широко распространены многолетнемерзлые льдистые и талые полигональные торфяные массивы [*Достовалов, Кудрявцев, 1967; Хомутов и др., 2022*]. Полигональный рельеф испытывает сильное влияние современных климатических колебаний, приводящих к активному развитию криогенных процессов как рядом с антропогенными объектами, так и без таковых [*Бабкин и др., 2022; Хайруллин и др., 2019*]. Полигональный рельеф – двухсоставная система, включающая в себя полигональную и полигонально-жильную структуры, которые зависят друг от друга. Деградация одной из них ведет к преобразованию всего торфяного массива. Уменьшение полигональной части из-за криогенных процессов (термоэрозии, термоабразии, термоденудации), вытаивание повторно-жильного льда (ПЖЛ) или подтаивание его верхней части ведет к разрушению полигонального рельефа, остановке процессов морозобойного растрескивания и роста ледяных жил [*Катасонов, 1973; Романовский, 1977*].

Район исследований. С 2021 г. ведется мониторинг полигональных торфяников по берегам озер в северной части Пур-Тазовского междуречья от устья р. Таз на севере до долины р. Нуны-Яха на юге. В 2021-2022 гг. заложено 7 площадок мониторинга: 1 – на северном, 1 –на восточном и 5 – на южных берегах озер (рис. 1). Главная цель проводимых исследований – установление характера изменений в прибрежной части полигональных торфяников под влиянием естественных факторов в условиях современных климатических колебаний.

Методы исследований. Площадки мониторинга находятся на полигональных торфяниках, сложенных торфами разной мощности и расположенных на разных геоморфологических уровнях. Полевые исследования включают:

- измерение глубины протаивания металлическим щупом по сетке с размером ячейки 1 м в полигональной (фоновой) части и в межполигональных понижениях (канавах) для наблюдения за динамикой развития двух различных частей (фаций) торфяника;

- наблюдение за изменением берегового профиля и структурами полигонального торфяника с применением съемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА);

- бурение неглубоких скважин до 2-2,5 м для уточнения геологического разреза.

Камеральная обработка включает:

- построение цифровых моделей рельефа и ортофотопланов с помощью специализированного ПО Agisoft Metashape с разрешением 0,02-0,03 м на основе полевой БПЛА-съемки;
- построение моделей глубины протаивания в программе Surfer методом изолиний.

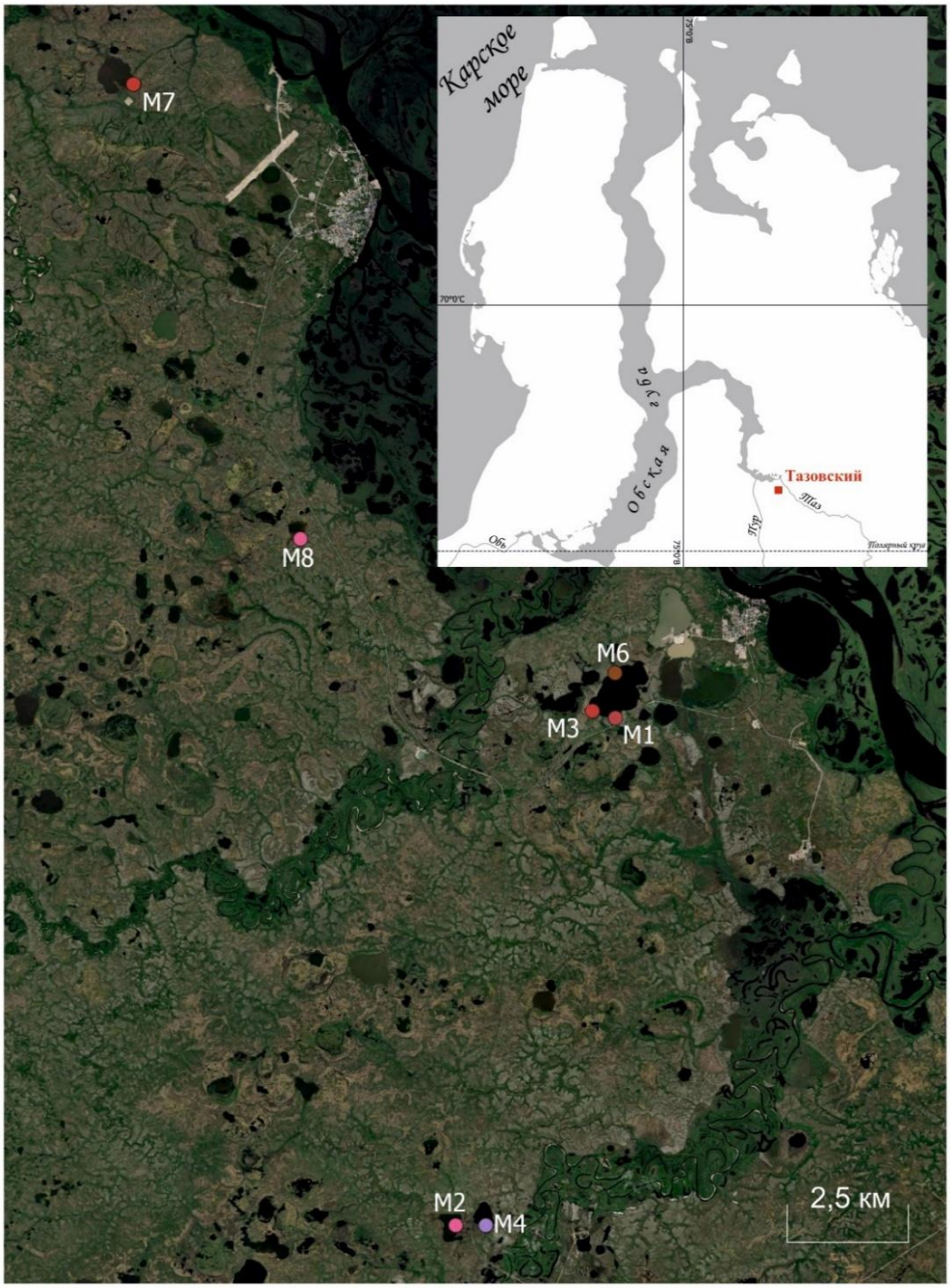

Рис.1. Расположение участков исследования

Результаты полевых исследований 2021-2024 гг.

Полигональный рельеф может деградировать из-за: 1) вытаивания ПЖЛ и 2) разрушения окружающих полигонов. Сравнение и анализ ортофотопланов, построенных по данным БПЛА-съемки за полевой сезон 2024 г., показывают, что все площадки, находящиеся на южных и восточном берегах, испытывают большое влияние таких естественных факторов, как ветровая и волновая деятельность, в результате чего происходит отступание береговой линии. Площадка на северном берегу озера находится

под минимальным воздействием ветровой и волновой деятельности, так как ветра южных румбов не являются преобладающими и составляют около 50% в теплый период, по сравнению с ветрами северных румбов, которых около 90% в теплый период (согласно розе ветров, за 2021-2024 гг., построенной по данным: http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Тазовском) из-за чего береговая линия потеряла менее 1% за несколько лет наблюдений.

Разрушение полигонов происходит по трещинам, которые образованы из-за вытаивания шлиров льда и разрушения породы и увеличиваются с каждым годом. На участках с густым травяно-кустарниковым покровом наблюдается как разрушение полигонов, так и вытаивание ПЖЛ (рис. 2).

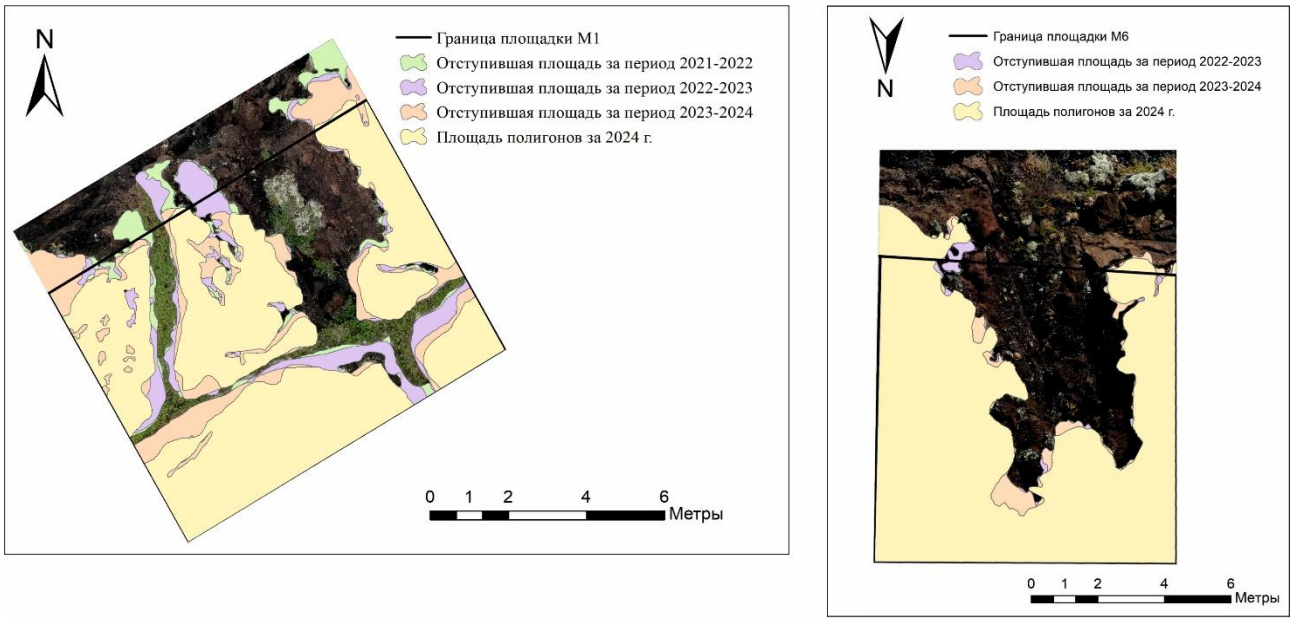

Рис. 2. Изменения полигональной части торфяника на площадке М1 (южный берег) (слева) и на площадке М6 (северный берег) (справа).

Согласно данным измерений высоты снежного покрова в апреле 2022 и 2023 гг., в полигональной части большая мощность снежного покрова соотносится с большой глубиной протаивания. Участки с наибольшей мощностью снежного покрова и глубоким протаиванием находятся на контакте полигона и межполигонального понижения и высокие значения параметров связаны, скорее всего, с неравномерным накоплением и дальнейшим таянием снега. До того момента, пока понижение и краевая часть полигона не покрыты снегом, происходит воздействие отрицательных температур воздуха на породы СТС, а как только снегом полностью заносит понижение и на краевой части полигона накопилось достаточное его количество проявляется отепляющий эффект, так как атмосферный холод слабее проникает сквозь снежную толщу. В летний период эти участки прогреваются как с поверхности, так и со стороны понижения, из-за чего происходит увеличение глубины протаивания, формирование трещин отседания и затем обрушение блоков полигона.

На рисунке 3 показано сравнение данных по средней глубине протаивания на площадках мониторинга: М1-М4, М6-М8 – площадки на берегах озер; 1PeatTaz – площадка мониторинга с ПЖЛ, который по большей части вытаял в связи с развитием криогенных процессов из-за построенной автодороги (измерения ведутся с 2017 г.), и 2PeatTaz – площадка мониторинга без заметной деградации ПЖЛ, на который оказывают влияние только климатические колебания (измерения ведутся с 2018 г.) [*Бабкин и др., 2022*]. Все площадки мониторинга – это торфяники, мощность торфа на которых варьируется от 0,3 до 5,5 м.

На площадках М8, М6, М7 и М4 наблюдается увеличение глубины протаивания из-за активизации криогенных процессов, связанных с вытаиванием ПЖЛ в понижениях и текстурообразающего льда в полигональной части. Так как в пределах площадок М1 и М2 продолжается активное разрушение берегового уступа, наблюдается некоторое уменьшение средней глубины протаивания в связи с потерей части наиболее близко расположенных к берегу точек измерения. На площадке М3 наблюдается самое глубокое протаивание (более 100 см) по сравнению с другими площадками мониторинга из-за слабой мощности торфа (около 35 см), подстилаемого песками.

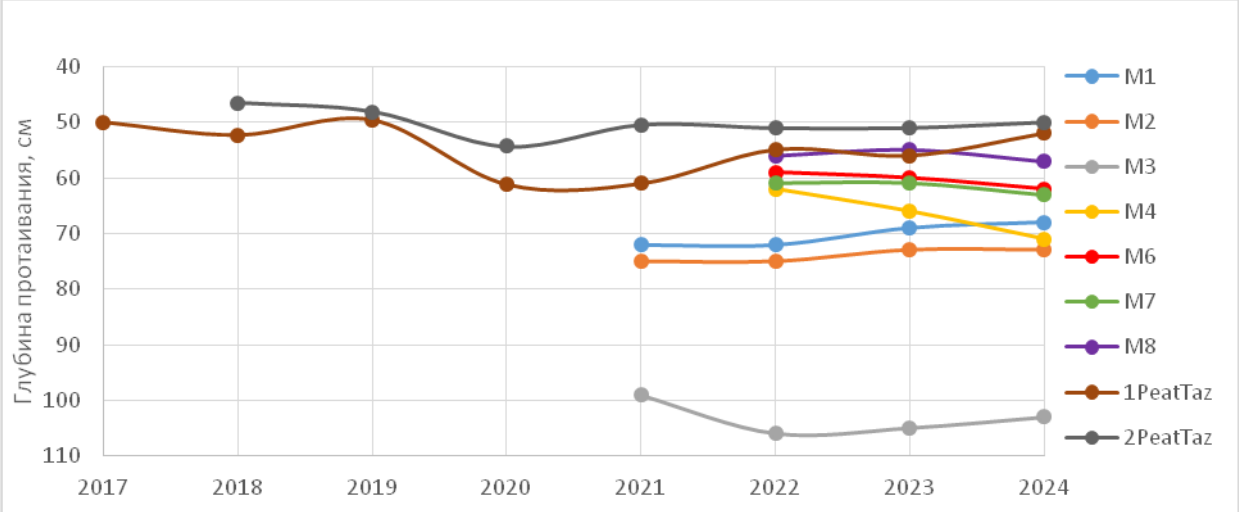

Рис. 3. График средних значений глубины протаивания на разных площадках мониторинга на севере Пур-Тазовского междуречья

В отличии от площадок мониторинга 1PeatTaz и 2PeatTaz, площадки М1-М4, М6-М8 отличаются более коротким рядом наблюдений. Однако, 3-4-летние наблюдения позволили получить предварительную оценку динамики развития ПЖС в зоне взаимодействия «торфяник-озеро». Направленность изменений ПЖС в общем соответствует направленности климатических колебаний и корректируется локальными ландшафтно-геоморфологическими условиями каждого конкретного участка исследований.

Благодарности. Работа выполнена ИКЗ ТюмНЦ СО РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FWRZ-2021-0012).

ЛИТЕРАТУРА

Бабкин Е.М., Бабкина Е.А., Лейбман М.О., Хайруллин Р.Р., Хомутов А.В. Мониторинг изменений полигональных торфяников, примыкающих к автодороге Заполярное – Тазовский // Проблемы Арктики и Антарктики. 2022. Т. 68. № 4. С. 384-405. doi: 10.30758/0555-2648-2022-68-4-384-405

Достовалов Б.Н., Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. М.: МГУ. 1967. 403 с.

Катасонов Е.М. Палеомерзлотные исследования, их задачи, методы и некоторые результаты // Палеокриология в четвертичной стратиграфии и палеогеографии. М., «Наука», 1973, с. 10—22.

Романовский Н.Н. Формирование полигонально-жильных структур. Новосибирск: Наука, 1977. 213 с.

Хайруллин Р.Р., Хомутов А.В., Дворников Ю.А., Бабкин Е.М., Бабкина Е.А., Сощенко Д.Д. Анализ изменения торфяников северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья по дистанционным и наземным данным мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. №4. С. 54–62. doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-4-54-62

Хомутов А.В., Королева Е.С., Данько М.М., Хайруллин Р.Р. Полигональные торфяники севера Западной Сибири: распространение и вопросы классификации // Сборник докладов Шестой конференции геокриологов России «Мониторинг в криолитозоне» с участием российских и зарубежных ученых, инженеров и специалистов. МГУ имени М.В. Ломоносова, 14-17 июня 2022 г.: сборник статей, [электронное издание сетевого распространения] / Под редакцией Р.Г. Мотенко. - М.: «КДУ», «Добросвет», 2022. С. 745-751.

THE DEVELOPMENT OF POLYGONAL RELIEF IN THE INTERACTION ZONE "PEAT- LAKE" IN THE NORTH OF THE PUR-TAZ INTERFLUVE

Danko M.M., Khomutov A.V.

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

In the north of the Pur-Taz interfluve, detailed monitoring of polygonal peatlands is carried out, which are affected by various natural and anthropogenic factors. Since 2021, the development of polygonal relief in the zone of interaction with lakes has been monitored. A set of field research methods combined with remote sensing data processing is used for monitoring. The aim of the study is to assess the dynamics of the development of polygonal wedge systems in the zone of interaction of peatlands with lakes under the influence of natural factors.

Keywords: *active layer depth, lakes, polygonal wedge system, polygonal peatland, Pur-Taz interfluve.*

REFERENCES

Babkin E.M., Babkina E.A., Leibman M.O., Khayrullin R.R., Khomutov A.V. Monitoring of the relief changes in polygonal peat plateaus adjacent to the highway Zapolyarnoe — Tazovsky. Arctic and Antarctic Research. 2022;68(4):384-405. (In Russ.)

Dostovalov B.N., Kudryavtsev V.A. General permafrost studies. Moscow: Moscow State University. 1967. 403 p.

Katasonov E.M. Paleofrost (paleocryological) study: their tasks, methods and some results. – In materials of the book: Paleocryology in the quarternary stratigraphy and paleogeography. M., «Nauka», 1973, p.10-22.

Romanovsky N.N. Formation of polygonal-vein structures. Novosibirsk: Nauka, 1977. 213 p.

Khairullin R. R., Khomutov A. V., Dvornikov Yu. A., Babkin E. M., Babkina E. A., Soshchenko D. D. Analysis of peatland changes in the northeastern part of the Pur-Taz interfluve based on remote sensing and ground monitoring data // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2019. Vol. 16. No.4. pp. 54-62.

Khomutov A.V., Koroleva E.S., Danko M.M., Khairullin R.R. Polygonal peatlands in the north of west siberia: distribution and classification issues// Collection of reports of the Sixth Conference of geocryologists of Russia "Monitoring in the cryolithozone" with the participation of Russian and foreign scientists, engineers and specialists. Lomonosov Moscow State University, June 14-17, 2022: collection of articles, [electronic edition of online distribution] / Edited by R.G. Motenko. - M.: "KDU", "Dobrosvet", 2022. pp. 745-751.