



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ ГОРОДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

РЕЛЬЕФ И ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ АРКТИКИ, СУБАРКТИКИ И СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

*Материалы ежегодной конференции
по результатам экспедиционных исследований*

ВЫПУСК 11

12-13 декабря 2024 года

АНИИ

**Санкт-Петербург
2024**

УДК 551.79

ISSN: 2687-1092

doi:10.24412/2687-1092

Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России.
Материалы ежегодной конференции по результатам экспедиционных исследований.
Выпуск 11. Санкт-Петербург. 2024. 729 с.

Конференция посвящена обсуждению результатов полевых работ, выполняемых в Арктике, Субарктике и на Северо-Западе России. Материалы конференции публикуются в интернете в тезисной форме. Возможно заочное участие в конференции. Конференция проводится в стенах Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) 12-13 декабря 2024 года. Материалы представлены в нескольких разделах в алфавитном порядке: 1) Арктика и Субарктика, 2) Строение и динамика многолетнемерзлых пород, 3) Северо-Запад России, 4) Другие регионы. Тезисы докладов размещаются на официальном сайте ВНИИОкеангеология, а также на сайте конференции <http://www.evngusev.narod.ru/seminar5/conference.html>.

Отв. ред. – Е.А. Гусев

Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia.
Proceedings of the annual conference on the results of expedition research. Issue 11. St. Petersburg. 2024. 729 p.

The conference is dedicated to discussing the results of field work carried out in the Arctic, Subarctic and North-West Russia. Conference proceedings are published on the Internet in thesis form. Perhaps absentee participation in the conference. The conference is held in the Arctic and Antarctic Research Institute (AARI) on December 12-13, 2024. The materials are presented in several sections – 1) Arctic and Subarctic, 2) Structure and dynamics of permafrost, 3) North-West of Russia, 4) Other regions in alphabetical order. Abstracts of the reports are posted on the official website of VNIIOkeangeologiya, as well as on the conference website <http://www.evngusev.narod.ru/seminar5/conference.html>.

Ed. - E.A. Gusev

*На обложке – берег Енисейского залива
у мыса Сопочная Карга, фото Е.А. Гусева*

© ВНИИОкеангеология

© ААНИИ

© РГО

© Коллектив авторов

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-571-580



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД ПРИБАЙКАЛЬЯ И ЗАБАЙКАЛЬЯ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

✉ Самохвалов Н.Д.¹, Борисик А.Л.², Стрелецкая И.Д.¹, Тетерин А.В.²

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² ФГБУ «АНИИ», Санкт-Петербург, Россия,

✉ samohvalov.nd@ya.ru

В рамках рекогносцировочных работ по созданию Государственной сети фонового мониторинга состояния многолетней мерзлоты, летом 2024 года были проведены исследования на 8-ми ключевых площадках, расположенных в Иркутской области, Республике Бурятия и Забайкальском крае. По результатам геофизических исследований и малоуглубинного бурения в Забайкалье и Прибайкалье установлено положение кровли многолетнемерзлых пород (ММП), проведены почвенные и геоботанические исследования, позволяющие судить о ландшафтно-мерзлотной обстановке на каждой из обследованных площадок и оценить изменения параметров мерзлоты в условиях потепления климата.

Ключевые слова: *многолетнемерзлые породы, потепление климата, Прибайкалье, Забайкалье, геофизические исследования, мониторинг*

Введение. В рамках создания Государственной сети фонового мониторинга состояния многолетней мерзлоты бригадой «Центра мониторинга состояния многолетней мерзлоты» ФГБУ «АНИИ» в период с 4.06.2024 по 4.07.2024 были обследованы 8 пунктов в Иркутской области, Республике Бурятия и Забайкальском крае (рис.1). Основной целью рекогносцировочных работ был подбор площадок для обустройства термометрических скважин в рамках создания «Государственной системы фонового мониторинга состояния многолетней мерзлоты», базирующейся на наблюдательной сети метеостанций Росгидромета. Забайкалье является уникальным районом распространения многолетнемерзлых пород. Район расположен у южной границы сплошного распространения многолетнемерзлых пород, что определяет наличие как зон мёрзлых, так и талых пород, а также обуславливает близкие к нулю температуры. Это делает мёрзлые породы уязвимыми при современных повышениях температур.

Н. А. Шполянская, анализируя физико-географические факторы формирования мерзлоты Забайкалья, ведущим фактором выделяет рельеф с нескольких позиций. [Шполянская, 1978]. Прежде всего, преобладающий котловинный тип рельефа территории определяет аккумуляцию рыхлых отложений на дне котловин, а также создает условия для скопления холодного воздуха. Такие условия способствуют промерзанию и льдообразованию в дисперсных горных породах. Породы в долинах и днищах котловин всегда имеют более низкую температуру, а вечная мерзлота наибольшую мощность. Также велика и роль экспозиционного эффекта: для склонов южной экспозиции характерна более высокая температура многолетнемерзлых пород, а в отдельных случаях их полное отсутствие. Согласно схеме геокриологического районирования Забайкалья, [Геокриология СССР. Горные страны юга СССР, 1989] пункты рекогносцировочных исследований расположены в следующих геокриологических районах: Байкальском, Забайкальском (Витимская и Нерча-Олекминская области) и Хентэй-Чикойском. В исследуемом регионе формируется пёстрая мерзлотная обстановка: чередуются районы с мощной (до 300м) мерзлотой со среднегодовой температурой -4 – -6°C и участки с маломощными (до 25м) мерзлыми породами со средней температурой -1°C [Сергеев и др., 2016].

Пункты рекогносцировочных исследований ААНИИ в Забайкалье в период 4.06.24 – 4.07.24

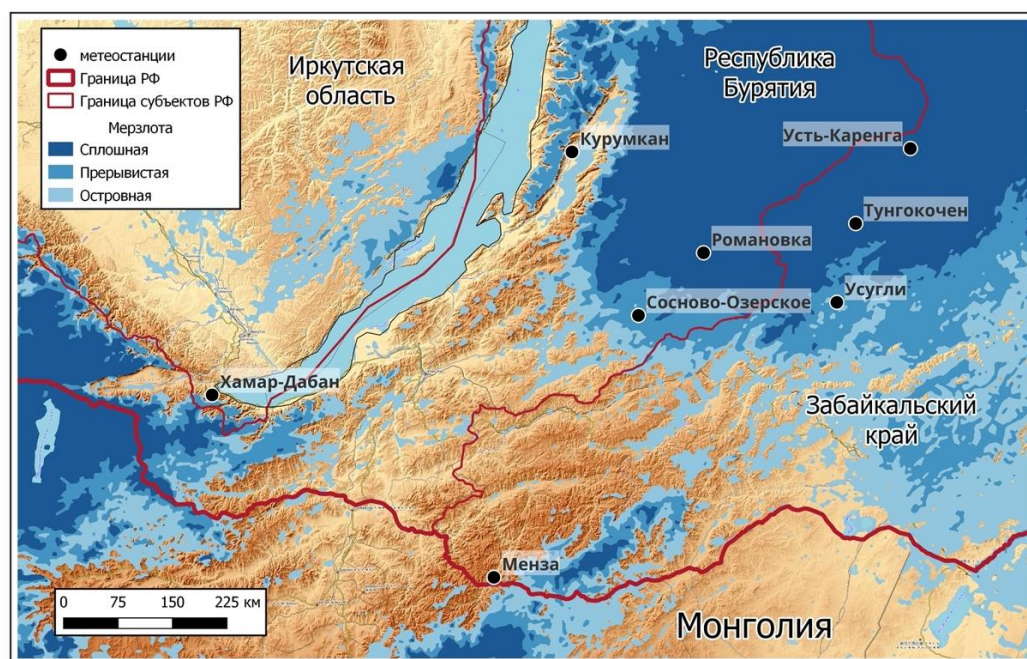


Рис.1. Расположение метеостанций (участков рекогносцировочных исследований) в Прибайкалье и Забайкалье. Геокриологическая основа ТТОР model [Obu et. al., 2019]

Материалы и методы. В ходе полевых рекогносцировочных работ использовались методы, позволяющие оценить состояние и распространение многолетнемерзлых пород Забайкалья по ряду прямых и косвенных признаков. С целью картирования и установления положения кровли и подошвы многолетнемерзлых пород проводились электроразведочные геофизические исследования методом вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ). Для выполнения работ была использована электроразведочная установка по схеме Шлюмберже состоящая из двух питающих и двух приемных электродов, генератора тока «Скат» и управляющего блока «SGD-EEM Medusa» производства СибГеофизПрибор, Новосибирск. Величина максимального разноса А-В составляла 110 м. На рис.2 приведен пример разрез удельного электрического сопротивления (УЭС) в Ом*м, выполненный в ПО IP2WIN. Для участка метеостанции Сосново-Озерское глубина залегания мёрзлых пород определена как 4,5–6,0м, а мощность более 25м. Для подтверждения глубины залегания кровли многолетнемерзлых пород в случаях не сливающейся мерзлоты проводилось малоглубинное шнековое бурение мотобуром STINL BT 121 на глубину до 3м.

Результаты. Хамар-Дабан. Метеостанция расположена на водоразделе рек Подкомарная и Слюдянка в пределах одноименного горного хребта, относящегося к горам юга Восточной Сибири и сложенного в основном древними кристаллическими породами архея и протерозоя. На территории самой метеостанции древние кристаллические породы перекрыты чехлом склоновых гравийно-галечных отложений мощностью до 5 м. Метеостанция находится на пологонаклонном участке склона южной экспозиции на абсолютной высоте 1444 м, в 780м от уреза реки Подкомарная. Доминирующий тип ландшафта в районе метеостанции Хамар-Дабан — горно-таежный, на высотах до 1500 м растительность представлена пихтово-кедровыми редколесьями, кустарниками (кедровый стланник, золотистый рододендрон, вересковые). На отметках 1700 м и выше, участки горной тундры, покрыты лишайниками и мхом или каменистыми россыпями. Среднегодовая температура воздуха (1990–2020 гг.) — $-1,7^{\circ}\text{C}$. Скорость увеличения среднегодовой температуры за этот период равен $0,02^{\circ}\text{C}/\text{год}$ (рис. 3).

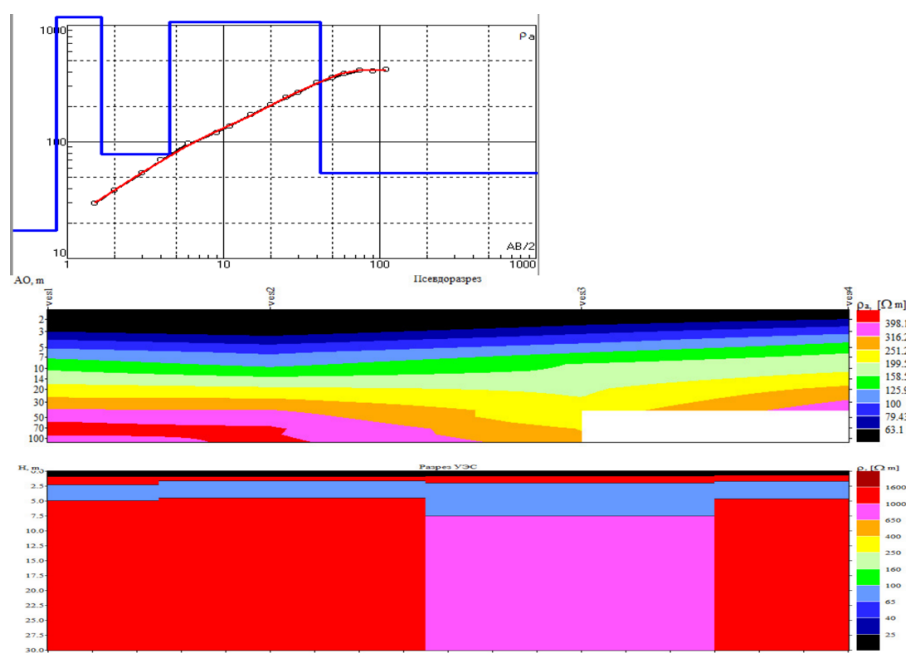


Рис.2. Пример разреза удельного электрического сопротивления ($\text{Ом}\cdot\text{м}$) в ПО IP2WIN для участка Сосново-Озерское. Синим цветом обозначены породы с наименьшим сопротивлением, красным — с наибольшим. В верхней части рисунка красным цветом показана геоэлектрическая кривая.

Составлено Борисиком А.Л.

Согласно карте ТТОР model [Obu et. al., 2019], район расположен в зоне островной мерзлоты. На схеме геокриологического районирования Забайкалья большая часть массивов пород Хамар-Дабана находится в талом состоянии, отдельные острова многолетнемерзлых пород встречаются на затенённых склонах северной и северо-восточной экспозиций. Площадь островов до 3 км^2 , а мощность многолетнемерзлых пород от 5 до 30 м. Среднегодовая температура пород изменяется от 1 до -3°C [Геокриология СССР, 1989]. По результатам выполненных электроразведочных исследований породы до глубины 17–20 м, которые имеют удельное электрическое сопротивление (УЭС) 200–400 $\text{Ом}\cdot\text{м}$, и, вероятно, представлены гравийно-галечниковыми отложениями, находятся в талом состоянии. Ниже УЭС повышается до 4–6 $\text{кОм}\cdot\text{м}$, что может быть связано как с мёрзлыми породами, так и залеганием на этих глубинах пород кристаллического фундамента.

Курумкан. Метеостанция расположена в Баргузинской котловине в 53 км к востоку от восточного берега оз. Байкал. Протяженность котловины с юго-запада на северо-восток составляет более 200 км, ширина достигает 35 км. Участок исследования расположен на первой надпойменной террасе (НПТ) на правом берегу р. Баргузин, в 870 м от уреза воды. Абсолютная отметка поверхности — 509 м. Поверхность площадки ровная, занята плоскобугристым микрорельефом (туфурами) высотой от 0,1 до 0,4 м и диаметром 0,5 м до 1,5 м рис 4. Туфуры особенно характерны для пойменных ложбин с близким к поверхности залеганием подземных вод. Крупные их формы формируются только над мёрзлыми породами при глубине сезонного протаивания не менее 1,5 м при обязательном наличии горизонта надмерзлотных вод.

Поверхности бугров заняты осокой, в межбугровых понижениях встречается ветреница и валериана. Почвы района сформировались при гидротермальной и газофлюидной разгрузке из сейсмически активных разломов земной коры под совместным действием вод, газа и минерального субстрата. Выходы геотермальных вод способствуют формированию особых засоленных почвенно-мерзлотных комплексов [Убугунов, Убугунова, Хитров, 2020] и повышению температуры мерзлоты. Основная часть разреза [Фишев и др., 2011] четвертичных отложений мощностью 100–120 метров представлена

флювиогляциальными отложениями валунно-галечникового состава местами перекрытых песчаными отложениями аллювиального генезиса.

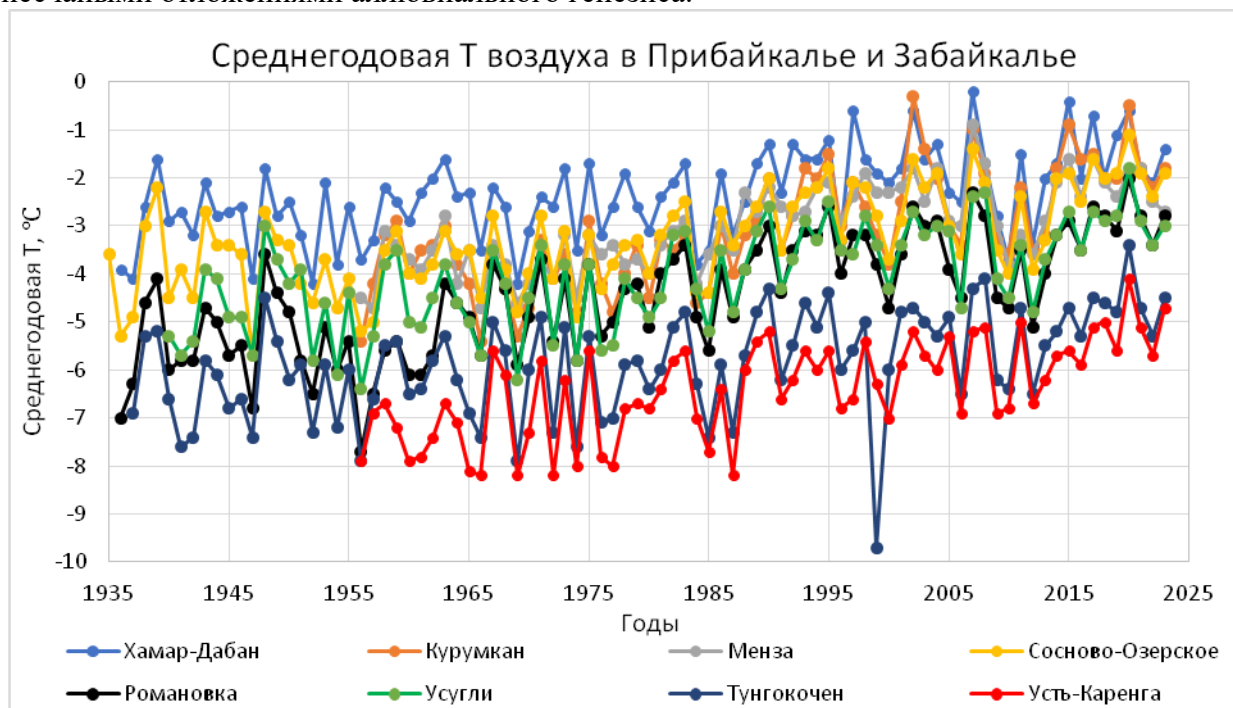


Рис.3. Среднегодовые температуры воздуха в Прибайкалье и Забайкалье по данным метеостанций. Источник: pogodaiklimat.ru

Баргузинская котловина является уникальным районом островной мерзлоты, а палеогеографические условия в позднем неоплейстоцене-голоцене привели к формированию двухслойного строения мерзлоты. Верхний голоценовый горизонт мощностью 10–50 м залегает на глубине от 40 до 50 м [Геокриология СССР, 1989]. Кровля нижнего неоплейстоценового слоя находится на глубине 120–150 м. Среднегодовая температура воздуха (1990–2020 гг.) составляет $-2,3^{\circ}\text{C}$, а тренд увеличения среднегодовой температуры за этот период равен $0,048^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Согласно карте ТТОР model [Obu et. al., 2019], район расположен в зоне островной мерзлоты. На схеме геокриологического районирования Забайкалья [Геокриология СССР, 1989] выбранный участок относится к Байкальскому району с островным и редкоостровным распространением многолетнемерзлых пород, среднегодовая температура от -1 до $-1,5^{\circ}\text{C}$. По архивным данным бурения в пос. Могойто (10 км к северо-востоку от Курумкана) многолетнемерзлые породы были обнаружены в интервале от 120–151 до 210–300 м [Геокриология СССР, 1989].

По результатам малоглубинного бурения разрез имеет следующее строение: от 0,00 до 0,53 м залегает почвенно-растительный покров; от 0,53 м до 1,65 м составляет песок среднезернистый светло-охристый, мерзлый, криотекстура массивная; от 1,65 м до 2,8 м гравийно-галечниковый материал с песчаным заполнителем, мерзлый, криотекстура линзовидно-корковая. По результатам выполненных электроразведочных исследований, породы находятся в мерзлом состоянии с глубины 5–6 м, где УЭС пород возрастает до 1,0–1,1 $\text{кОм}\cdot\text{м}$. Глубина протаивания на момент измерения (14.06.2024) составила 0,53 м. Сопоставляя данные малоглубинного бурения и электрических зондирований можно предположить, что толща многолетнемерзлых пород (ММП) имеет двухслойное строение: верхняя толща ММП располагается от подошвы слоя сезонного оттаивания до глубины 2,8–3 метров, далее расположен горизонт талых пород, а с глубины 5–6 м расположен нижний (основной) горизонт ММП до 25 м.

Менза. Метеостанция расположена в предгорьях Хэнтэй-Чикойского нагорья, относящегося к горам юга Восточной Сибири, в среднем течении р. Менза. Ширина долины 1,5–2 км. Абсолютная отметка поверхности — 936 м. Участок расположен на первой НПТ высотой около 3 м, сложенной гравийно-галечниковыми аллювиальными отложениями. Расстояние от уреза воды составляет 130 м. Характерным растительным сообществом, занимающим практически всю территорию участка, является осоково-ячменное разнотравье. Среднегодовая температура воздуха (1990–2020 гг.) — $-2,4^{\circ}\text{C}$. Тренд увеличения среднегодовой температуры равен $0,028^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Согласно карте ТТОР model [Obu et. al., 2019] и карте геокриологического районирования Забайкалья [Геокриология СССР, 1989], район расположен в зоне островной мерзлоты. С геокриологической точки зрения район Хэнтэй-Чикойского нагорья является крайне мало изученным: имеются лишь отрывочные сведения о мощности и распространении пород по данным горнопроходческих работ, а данные о температурных измерениях отсутствуют. На схеме исследуемый участок относится к отдельному Хэнтэй-Чикойскому району.

Исследования в районе метеостанции Менза проводились на нескольких участках, на некоторых из них ММП не встречены. По данным малоглубинного бурения на участке расположенном непосредственно на территории метеостанции, разрез имеет следующее строение: от 0,00 м до 0,65 м — почвенно-растительный покров; от 0,65 м до 1,8 м — супеси и пески светлосерые; от 1,8 до 2,3 м — крупнообломочный материал (галька). Глубина протаивания составила на момент измерения (19.06.2024) составила 0,7 м. По данным геофизических исследований и малоглубинного бурения, участок расположен в зоне заглубленной мерзлоты. Сезонное промерзание на участке первой НПТ составляет порядка 1,3 м, не достигая кровли мёрзлых пород, ниже располагается горизонт талых пород, многолетнемерзлые породы залегают с глубины 5–6 м. Мощность многолетнемерзлых пород по данным выполненных ВЭЗ составляет более 25 м.

Сосново-Озерское. Территория расположена в пределах Еравненской котловины на юго-западе Витимского плоскогорья, относящегося к горам Южной Сибири. Выбранный участок расположен в 1,8 км к югу от оз. Сосновое, на горизонтальной слабо увлажненной поверхности (абс. отм. 949 м), сложенной тяжелым суглинком озерного происхождения. Растительность луговая, злаково-пырейно-разнотравное сообщество: осока твердоватая, кровохлёбка лекарственная, полынь монгольская. Характерным типом ландшафта являются криоаридные лугово-степные сообщества на дренированных поверхностях [Бадмаев, 2006]. Глубина протаивания на момент измерения составила 0,70 м (19.06.2024). Среднегодовая температура воздуха (1990–2020 гг.) — $-2,5^{\circ}\text{C}$. Тренд увеличения среднегодовой температуры равен $0,032^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Согласно карте ТТОР model [Obu et. al., 2019], район расположен в зоне прерывистой мерзлоты. На схеме геокриологического районирования Забайкалья [Геокриология СССР, 1989] участки мерзлоты имеют мощность от 20–30 метров в центре котловины до 60–80 метров у её окраин и среднегодовую температуру от $-1,2$ до -3°C .

В районе метеостанции Сосново-Озерское верхняя часть разреза до глубины 0,8–0,9 м представлена талыми породами с УЭС 15–25 Ом*м, ниже, до глубины 1,5–2 м, породы характеризуются высокими значениями УЭС (1–1,3 кОм*м), связанными с породами того же состава, находящимися в мёрзлом состоянии (сезонная мерзлота). Интервал 2–5 м имеет сопротивление 60–80 Ом*м и, вероятно, представлен теми же супесчаными породами в талом состоянии. С глубины 4,5–6 м сопротивление пород скачкообразно растёт, что, вероятнее всего, связано многолетнемерзлыми породами.

Романовка. Метеостанция Романовка расположена в центральной части Витимского плоскогорья, относящегося к горам Южной Сибири, на междуречье рек Холой и Витим. Выбранный участок находится в 240 м к востоку от метеоплощадки, у подножья склона северной экспозиции, на пологонаклонной обводненной поверхности, занятой осоковым разнотравьем. Расстояние от уреза р. Холой составляет 475 м. Абс. отметка поверхности — 923 метров. Глубина протаивания на момент измерения составила 70 см.

Среднегодовая температура воздуха [1990–2020 г.] — $-3,4^{\circ}\text{C}$. Тренд увеличения среднегодовой температуры равен $0,031^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Согласно карте ТТОР model [Obu et. al., 2019], район расположен в зоне сплошной мерзлоты. На схеме геокриологического районирования Забайкалья [Геокриология СССР, 1989] территория близ поселка Романовка расположена в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью до 101 м со среднегодовыми температурами пород от $-1,7$ до $-2,5^{\circ}\text{C}$.

По результатам малоглубинного бурения на склоне в непосредственной близости от метеостанции разрез имеет следующее строение: от 0,00 м до 0,45 м: почвенно-растительный покров; от 0,45 м до 1,5 м: песок крупнозернистый талый; от 1,7 до 3 м: песчано-гравийно-галечниковый материал мёрзлый. Глубина оттаивания на момент измерений (23.06.24) составила 0,45 м. Исходя из выполненных электроразведочных исследований, породы находятся в мёрзлом состоянии с глубины 1,5–2 м, где УЭС пород возрастает до 2–4 кОм*м. Многолетнемерзлые породы имеют сплошное по вертикали распространение, их мощность составляет более 25 м.

Усугли. Метеостанция Усугли расположена в центральной части поселка. Район исследования располагается в пределах восточного макросклона хребта Черского, относящегося к горам Южной Сибири, в верховьях р. Нерчи. Выбранный участок находится в среднем течении р. Усугли в 150 м от уреза воды. Поверхность участка пологоволнистая, занятая несколькими термокарстовыми понижениями, значительно увлажнена. В пределах выбранного участка доминирующим типом растительности являются луговые осоковые сообщества термокарстовых депрессий. Среднегодовая температура воздуха (1990–2020 гг.) — $-3,3^{\circ}\text{C}$. Тренд увеличения среднегодовой температуры равен $0,032^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Согласно карте ТТОР model [Obu et. al., 2019], район расположен в зоне прерывистой мерзлоты. На схеме геокриологического районирования Забайкалья [Геокриология СССР, 1989] участок, расположенный в Кучегер-Усуглинской впадине, характеризуется островным распространением многолетнемерзлых пород мощностью до 100 м и среднегодовой температурой пород от $-1,5^{\circ}\text{C}$ до $-2,6^{\circ}\text{C}$. Имеются единичные данные о льдистости пород — 29 % [Геокриология СССР, 1989]. Это подтверждается наличием термокарстовых западин образующихся при вытаивании отложений с сегрегационным льдом.

На выбранном для размещения пункта мониторинга участке, мёрзлые породы залегают с глубины 1,5 м, где УЭС возрастает до 5–6 кОм*м, при этом вероятная мощность мёрзлой толщи составляет 17–23 м.

Тунгокочен. Территория исследования находится на восточном макросклоне Яблонового хребта, относящегося к горам Южной Сибири, в среднем течении р. Каренга. Выбранный участок находится в 660 м от уреза р. Каренга. Поверхность участка с абсолютной отметкой 811 метров представляет собой замкнутое увлажненное понижение, занятое полигональным торфяником с растущими элементарными жилками льда (рис.4). Доминирующим типом растительности в пределах выбранного участка являются разнотравные сообщества. Глубина сезонного протаивания на момент измерения составила 0,45 м. Среднегодовая температура воздуха (1990–2020 гг.) — $-5,3^{\circ}\text{C}$. Тренд увеличения среднегодовой температуры равен $0,03^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Согласно карте ТТОР model [Obu et. al., 2019] и схеме геокриологического районирования Забайкалья [Геокриология СССР, 1989], район расположен в зоне сплошной мерзлоты мощностью до 150 м и среднегодовой температурой пород от $-1,2$ до -3°C .

По результатам выполненных электроразведочных исследований породы находятся в мёрзлом состоянии с глубины 2,0–2,5 м, где УЭС пород возрастает до 5–6 кОм*м. Мощность многолетнемерзлых пород по данным выполненных ВЭЗ составляет более 25 м. В настоящее время на органогенных породах идёт морозобойное растрескивание, что может свидетельствовать о температурах пород ниже -3°C .

Усть-Каренга. Территория исследования расположена в пределах восточного макросклона Яблонового хребта в 1 км от места впадения р. Каренги в р. Витим. Самый

северный район исследования среди всех представленных, характеризуется самыми суровыми условиями. Участок расположен на пологоволнистой поверхности вблизи границы леса. Расстояние от уреза р. Каренги составляет около 670 м. Территория находится в переходной зоне редколесных таежных среднегорий. Древесный ярус представлен в основном лиственницей с редкими сосняками, в кустарниковом ярусе располагаются ольха и карликовая береза, распространены заросли багульника, присутствует подушка из мха-сфагнома. Глубина сезонного протаивания на момент измерения составила 0,45 м (2.07.2024). Среднегодовая температура воздуха (1990–2020 гг.) — $-5,8^{\circ}\text{C}$. Тренд увеличения среднегодовой температуры равен $0,034^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Согласно карте ТТОР model [Obu et. al., 2019], район расположен в зоне сплошной мерзлоты. На схеме геокриологического районирования Забайкалья [Геокриология СССР, 1989] многолетнемерзлые породы имеют мощность до 150 м и среднегодовую температуру пород от $-1,2$ до -3°C .

По результатам выполненных электроразведочных исследований породы находятся в мерзлом состоянии с глубины 1,5–3 м, где сопротивление пород возрастает до 4–5 $\text{кОм}\cdot\text{м}$. Мощность многолетнемерзлых пород по данным, выполненных ВЭЗ, составляет более 25 м.



Рис.4. Элементарная жилка льда в торфянике близ посёлка Тунгокочен, Забайкальский край (слева). Поле туфуров в долине р. Баргузин, Республика Бурятия (справа). Фото Самохвалова Н.Д.

Основные физико-географические характеристики исследуемых участков, характер распространения мерзлоты и температуры пород по литературным источникам приведены в таблице 1.

Выводы. По данным, полученным по 8-ми метеостанциям Забайкалья и Прибайкалья, установлено, что за весь период наблюдений прослеживается отчетливый тренд увеличения среднегодовой температуры воздуха. Среднегодовая температура воздуха за период 1990–2020 гг по сравнению с периодом 1960–1990 гг увеличилась на всех метеостанциях в среднем на 1°C . Начиная с 1975 года, наблюдается увеличение трендов среднегодовых температур до $0,05^{\circ}\text{C}/\text{год}$, тогда как с начала периода измерений до 1975 года тренд составлял от $0,002^{\circ}\text{C}/\text{год}$ до $0,03^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Исключением является метеостанция Курумкан, где тренд изменения среднегодовой температуры воздуха до 1975 года был отрицательным, и составлял $-0,01^{\circ}\text{C}/\text{год}$.

Табл.1. Основные физико-географические характеристики исследуемых участков

№ *	Позиция в рельефе	Экс позиция	Характер пород	Тип раст-ти	Среднегодовая Т воздуха, °С		Ср. Т Пород, °С **	Характер мерзлоты
					1960–1990 гг.	1990–2020 гг.		
1	склон, среднегорье	Ю	Щебнистый	горно-таежная	–2,5	–1,7	от +1 до –3	редко-островная
2	1-я НПТ, котловина	В	Гравийно-галечниковый	степная	–3,8	–2,3	от –1 до –1,5	островная
3	1-я НПТ	С	Песчано-галечниковый	луговая	–3,6	–2,4	-	островная
4	котловина	-	Суглинистый	луговая	–3,5	–2,5	от –1,2 до –3	прерывистая
5	склон	В	Песчано-гравийно-галечниковый	лесная	–4,6	–3,4	от –1,7 до –2,5	сплошная
6	долина	Ю	Песчаный и суглинистый	луговая	–4,4	–3,3	от –1,5 до –2,6	прерывистая
7	долина	-	Песчаный, перекрыт торфом	торфяник	–6,1	–5,3	от –1,2 до –3	сплошная
8	долина	-	Песчаный	древесно-кустарниковая с мхом	–6,9	–5,8	от –1,2 до –3	сплошная

* Цифрами обозначены: 1 — Хамар-Дабан, 2 — Курумкан, 3 — Менза, 4 — Сосново-Озерское, 5 — Романовка, 6 — Усугли, 7 — Тунгокочен, 8 — Усть-Каренга.

**По данным монографии [Геокриология СССР, 1989].

По результатам комплексных исследований уточнено современное состояние положение кровли и предполагаемой подошвы ММП Забайкалья и Прибайкалья. Участки близ метеостанций Усть-Каренга, Тунгокочен и Романовка расположены в зоне сплошного распространения ММП и мощность мерзлых пород по данным геофизических исследований составляет более 25 м, т.е. что было установлено ранее. В зоне прерывистого распространения мерзлоты расположены участки близ метеостанции Усугли (17–23 м) и метеостанции Сосново-Озерское (мощность ММП 25 м), геофизическими методами подтверждено ее неизменное состояние. Участки близ метеостанции Менза и Курумкан расположены в зоне островного распространения многолетнемерзлых пород, мощность ММП на этих участках составляет более 25 м. На участке близ метеостанции Хамар-Дабан ММП исчезли.

Учитывая ландшафтно-мерзлотные особенности исследуемых участков и локальные тренды изменения среднегодовой температуры воздуха, деградацию мерзлоты можно ожидать на участках близ метеостанции Менза, Курумкан, а ММП на участках близ Романовка, Тунгокочен, Усть-Каренга являются более устойчивыми при сохранении трендов потепления климата. Сохранению мерзлоты способствует обводненность поверхности и заторфованность отложений.

Благодарности. Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (Соглашение №169-15-2023-001 от 01.03.2023 года Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей

среды) и в рамках ГЗ «Эволюция криосферы при изменении климата и антропогенном воздействии» № 121051100164.

ЛИТЕРАТУРА

- Бадмаев Н.Б. Разнообразие почв криолитозоны Забайкалья / Н.Б. Бадмаев, А.И. Куликов, В.М. Корсунов. УланУдэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. - 166 с.
- Геокриология СССР. Горные страны юга СССР М.: Недра, 1989, 359 с.
- Сергеев Д.О., Станиловская Ю.В., Перлыштейн Г.З., Романовский В.Е., Безделова А.П., Алексютина Д.М., Болотюк М.М., Хименков А.Н., Капралова В.Н., Мотенко Р.Г., Малеева А.Н. Фоновый геокриологический мониторинг в Северном Забайкалье // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. № 3. С. 24–32. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2016-3(24-32)
- Убугунов В. Л., Убугунова В. И., Хитров Н. Б. Засоленные почвы Баргузинской котловины как объект Красной книги почв Байкальской рифтовой зоны // Природа Внутренней Азии. 2020. № 1(14). С. 101–111. doi: 10.18101/2542-0623-2020-1-101-111
- Фишев Н. А., Шелгачев К. М., Игнатович В. И., Гусев Ю. П. и др. Государственная геологическая карта Российской федерации. Масштаб 1: 1 000 000 [третье поколение]. Серия Алдано-Забайкальская. Лист N-49 — Чита. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 604 с.
- Шполянская Н. А. Вечная мерзлота Забайкалья. М., Наука, 1978 г. 138 с.
- Obu J., Westermann S., Bartsch A., Berdnikov N., Christiansen H., Avirmed D., Delaloye R., Elberling Bo., Etzelmüller B., Kholodov A., Khomutov A., Kääb A., Leibman M., Lewkowicz A., Panda S., Romanovsky V., Way R., Westergaard-Nielsen A., Wu T., Zou D. Northern Hemisphere permafrost map based on TTOP modelling for 2000–2016 at 1 km² scale // Earth-Science Reviews. 2019. Vol. 193. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.04.023

CURRENT STATE OF PERMAFROST CONDITIONS IN TRANSBAIKALIA REGION BASED ON GEOPHYSICAL DATA

Samokhvalov N. D.¹, Borisik A. L.², Streletskaya I. D.¹, Teterin A.V.²

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia
samokhvalov.nd@ya.ru

As part of reconnaissance observations to establish the State Permafrost Monitoring Network, studies of permafrost conditions were carried out at 8 key sites located in Irkutsk Oblast, the Republic of Buryatia and Transbaikalia Territory. As a result of geophysical surveys and shallow drilling in Transbaikalia and Pribaikalia, the position of the permafrost roof at each site was determined, and soil and geobotanical surveys were carried out, which allow us to assess the permafrost landscape situation at each of the surveyed sites.

Keywords: *permafrost, climate warming, Pribaikalye, Zabaikalye, geophysical surveys, monitoring*

REFERENCES:

- Badmaev N.B., Kulikov A.I., Korsunov V.M., Badmaev N.B. Soil diversity in the cryolithozone of Transbaikalia. - Ulan-Ude: Izd-voor BNTs SB RAS, 2006. 166 с.
- Geocryology of the USSR. Mountain countries of the south of the USSR. M: Nedra, 1989, 359 p.
- Fishev N. A., Shelgachev K. M., Ignatovich V. I., Gusev Yu. I., Gusev Yu. P. et al. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 [third generation]. Series Aldan-Zabaikalskaya. Sheet N-49 - Chita. Explanatory note.
- Obu J., Westermann S., Bartsch A., Berdnikov N., Christiansen H., Avirmed D., Delaloye R., Elberling Bo., Etzelmüller B., Kholodov A., Khomutov A., Kääb A., Leibman M., Lewkowicz A., Panda S., Romanovsky V., Way R., Westergaard-Nielsen A., Wu T., Zou D. Northern Hemisphere permafrost map

based on TTOP modelling for 2000–2016 at 1 km² scale // *Earth-Science Reviews*. 2019. Vol. 193. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.04.023

Sergeev D.O., Stanilovskaya Y.V., Perlstein G.Z., Romanovsky V.E., Bezdelova A.P., Alexutina D.M., Bolotyuk M.M., Khimenkov A.N., Kapralova V.N., Motenko R.G., Maleeva A.N. Background geocryological monitoring in Northern Transbaikalia region// *Earth's Cryosphere*. 2016. Vol. XX. No. 3. P. 23–31. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2016-3(24-32)

Shpolyanskaya N. A. Permafrost of Transbaikalia. M., Nauka, 1978. 138 p.

Ubugunov V. L., Ubugunova V. I., Khitrov N. B., Saline soils of the Barguzin basin as an object of The Red Book of soils of Baikal rift zone // *Nature of Inner Asia*. 2020. №1(14). P. 101-111. doi: 10.18101/2542-0623-2020-1-101-111

Научное электронное издание

**РЕЛЬЕФ И ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ АРКТИКИ,
СУБАРКТИКИ И СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ**

*Материалы ежегодной конференции
по результатам экспедиционных исследований*

ВЫПУСК 11

12-13 декабря 2024 года

АНИИ
ВНИИОкеангеология

Редактор – Е.А. Гусев

Издательство Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И.С. Грамберга» (ВНИИОкеангеология)

190021, Санкт-Петербург, Английский пр., 1 Тел. +7(812)714-40-42
e-mail: gus-evgeny@yandex.ru www.vniio.ru

Утверждено к публикации 11.12.2024