

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ХАНТАЙСКОЙ ГЭС

GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS IN THE KHANTAY HYDRO POWER PLANT DISTRICT



*С. И. Заболотник, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова
СО РАН, г. Якутск
zabolotnik@mpi.ysn.ru*

S. Zabolotnik, Permafrost Institute named after P. I. Melnikov SB RAS, Yakutsk

Проведены геокриологические исследования на крайнем северо-западе Среднесибирского плоскогорья в 60 км от устья р. Хантайки. Установлено, что регион относится к зоне с островной криолитозоной, и многолетнемерзлые породы (ММП) занимают около 60 % его территории. Талики находятся на всех участках, где возможно повышенное снегонакопление.

Температура ММП изменяется от близких к нулю значений до $-1,2$ °С, а установленная мощность не превышает 20 м. На большей части района она составляет 10...15 м, а в отдельных местах, по косвенным оценкам, может достигать 30...35 м. Высокие температуры и небольшие мощности ММП, широкое распространение таликов обусловлены главным образом большой толщиной снежного покрова, достигающей 1 м и более.

Льдистость мерзлых отложений изменяется в широких пределах: от 5...25 % в песках до 80...90 % в торфе. В супесчаных и суглинистых грунтах, которые преобладают в районе, она составляет соответственно 15...30 и 50...60 %.

Глубина сезонного протаивания в торфяниках составляет 0,3...0,4 м, а в супесчано-суглинистых грунтах достигает 1,0 м. На таликовых участках глубина сезонного промерзания изменяется в пределах 0,8...1,2 м

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы; талики; снежный покров; глубина сезонного протаивания (промерзания) грунтов; геокриологические условия; Хантайская ГЭС; супесчаные грунты; мерзлые отложения; криолитозона; зона БАМ

Geocryological investigations were conducted in the far northwest of the Central Siberian Plateau, 60 km from the Khantaika River mouth. The results indicate that the area lies within the insular permafrost zone and that permafrost underlies about 60 % of its surface. Taliks are present wherever deep snow accumulation is possible.

Permafrost temperatures vary from near 0 °C to $-1,2$ °C, and the measured thickness of permafrost does not exceed 20 m. The permafrost thickness ranges from 10 to 15 m in most of the area and may occasionally reach 30...35 m as inferred from indirect information. The high temperatures and low thicknesses of permafrost, as well as the widespread occurrence of taliks are primarily due to the thick snow cover, reaching 1 m or more in depth.

The ice content of frozen sediments varies over a wide range, from 5...25 % in sands to 80...90 % in peat. Sandy silts and clayey silts which dominate the area have ice contents of 15...30 and 50...60 %, respectively.

Seasonal thaw depths are 0,3...0,4 m in peatland, while sandy and clayey silts thaw to a depth of 1.0 m. In talik areas, the depth of seasonal freezing varies from 0,8...1,2 m.

Key words: permafrost; taliks; snow cover; seasonal thawing (freezing) depth; geocryological conditions; Khantay hydro power plant; sandy loamy soils; frozen deposits; cryolithozone; BAM zone

Введение. Исследование особенностей формирования температурного режима и мощности многолетнемерзлых пород в различных регионах страны во все времена являлось одним из основных направлений геокриологии. Среди множества факторов, оказывающих существенное влияние на это, особое место занимает снежный покров. Многолетние стационарные исследования его роли в данном процессе проведены только в конце прошлого столетия А. В. Павловым в Центральной Якутии [5; 6] и автором в зоне БАМа. В текущем столетии проводятся лишь эпизодические измерения его отдельных параметров [1].

В связи с тем, что в ближайшей перспективе планируется промышленное освоение Арктических районов Красноярского края, возникла необходимость объяснить, почему почти на 180 км севернее Полярного круга наблюдаются только маломощные толщи многолетнемерзлых пород и широко распространены талики. Поэтому мы предприняли такую попытку, основываясь на

результатах собственных работ на крайнем северо-западе Среднесибирского плоскогорья, а также многолетних наблюдений на метеостанциях региона и стационарах Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН в Центральной Якутии и в зоне БАМа.

Район исследований находится севернее 68 параллели, в 60 км от устья р. Хантайка. В этом месте она прорезает хр. Большой, образуя Большой Хантайский порог.

В геологическом строении района главным образом принимают участие карбонатные породы Ордовика, представленные толщей серых и тёмно-серых толстоплитчатых и массивных известняков, перемежающихся с пачками доломитизированных известняков [3]. Карбонатные породы прорваны пластовой интрузией габбро-диабазов Пермь-Триасового периода, образующей хр. Большой. Коренные породы на большей части территории покрыты комплексом четвертичных отложений (рис. 1).

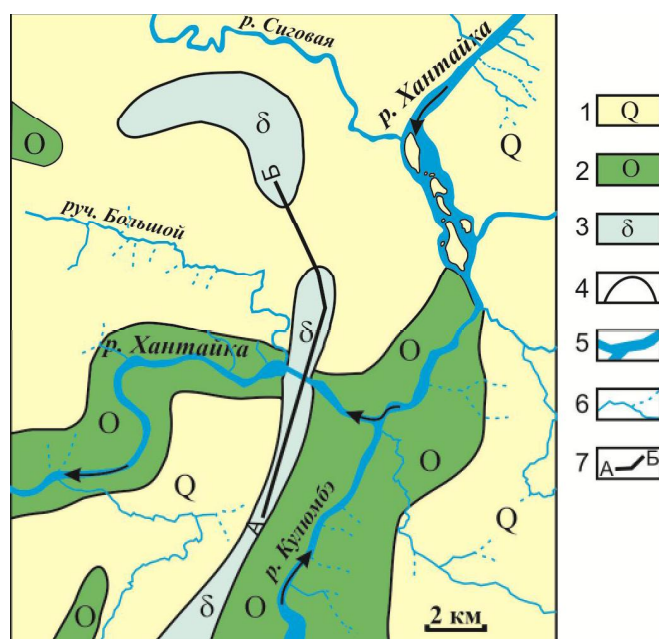


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района исследований (составлена по материалам Ленгидропроекта):

1 – четвертичные отложения: пески, супеси, суглинки, галька и гравий; 2 – известняки Ордовикского периода; 3 – интрузии габбро-диабазов Пермь-Триасового периода; 4 – стратиграфические границы; 5 – реки; 6 – ручьи и временные водотоки; 7 – линия профиля

Fig. 1. Schematic geological map of the studied district (compiled from the materials of Leningradhydroproject):

1 – Quaternary deposits: sand, sandy silt, clay silt, pebbles and gravel; 2 – Ordovician limestones; 3 – intrusions of Perm-Triassic gabbro-diabases; 4 – stratigraphic boundaries; 5 – rivers; 6 – streams and temporary streams; 7 – profile line

Несмотря на то, что район исследований находится гораздо севернее Полярного круга, здесь ещё преобладает лесная растительность. Чаще всего она распространена на положительных формах рельефа и представлена главным образом редкостойными разновидностями лиственничников, реже березняков. Приблизительно 20...25 % площади занимают различные типы болот. Почвы относятся к подзолисто-болотному типу. Подзолистые почвы характеризуются слабым расчленением на горизонты, свидетельствующем о малой интенсивности процесса подзолеобразования. Для болотных почв характерны оглеенные и глеевые горизонты [9; 10].

Результаты и их обсуждение. Проведённые исследования показали, что регион относится к зоне с островной крио-

литозоной, а многолетнемерзлые породы занимают только около 60 % его территории. Талики находятся под руслами рек и речек, в их поймах, под озёрами и в заболоченных понижениях всех элементов макро- и мезорельефа.

Наиболее детально изучены участки по профилю А – Б, который простирается вдоль хр. Большого, на 12,5 км от левого берега р. Хантайки, пересекает её и продолжается по правому берегу в северном направлении, захватывая понижение между частями хребта (рис. 1). Главным образом исследовались четвертичные отложения, небольшим слоем (3...13 м) перекрывающие коренные породы. Лишь в понижении в северной части хребта толщина четвертичных отложений возрастает до 14...35 м (рис. 2).

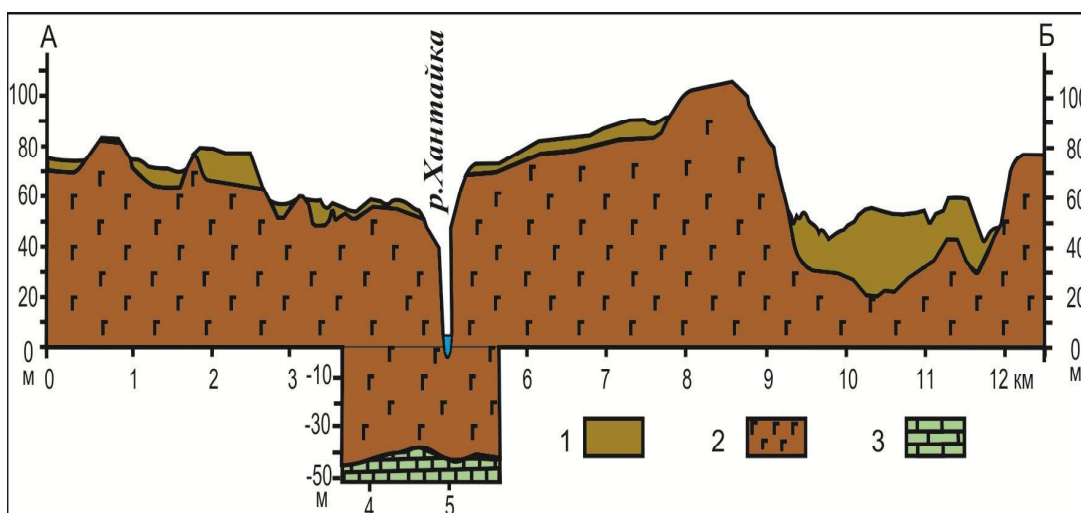


Рис. 2. Геологический разрез по линии А – Б (составлен по материалам Ленгидропроекта):
1 – четвертичные отложения; 2 – габбро-диабазы Пермь-Триасового периода;
3 – известняки Ордовикского периода

Fig. 2. Geological section along the line A – B (compiled from the materials of Lengidroproekt):
1 – Quaternary deposits, 2 – Perm-Triassic gabbro-diabases, 3 – Ordovician limestones

На возвышенных залесённых участках левого берега с отметками выше 65 м ни одна из выработок не вскрыла многолетнемерзлые породы. Все понижения на габбро-диабазе заполнены песчано-гравийно-галечными отложениями мощностью 5...10 м. Местами они покрыты тонким

слоем (0,5...3 м) супеси. Вершина покрыта маломощным слоем (до 1 м) морены (рис. 3, а). Влажность отложений изменяется в пределах 15...35 %, а глубина сезонного промерзания – 0,8...1,2 м.

Отсутствие ММП, очевидно, обусловлено тем, что в летнее время данные отло-

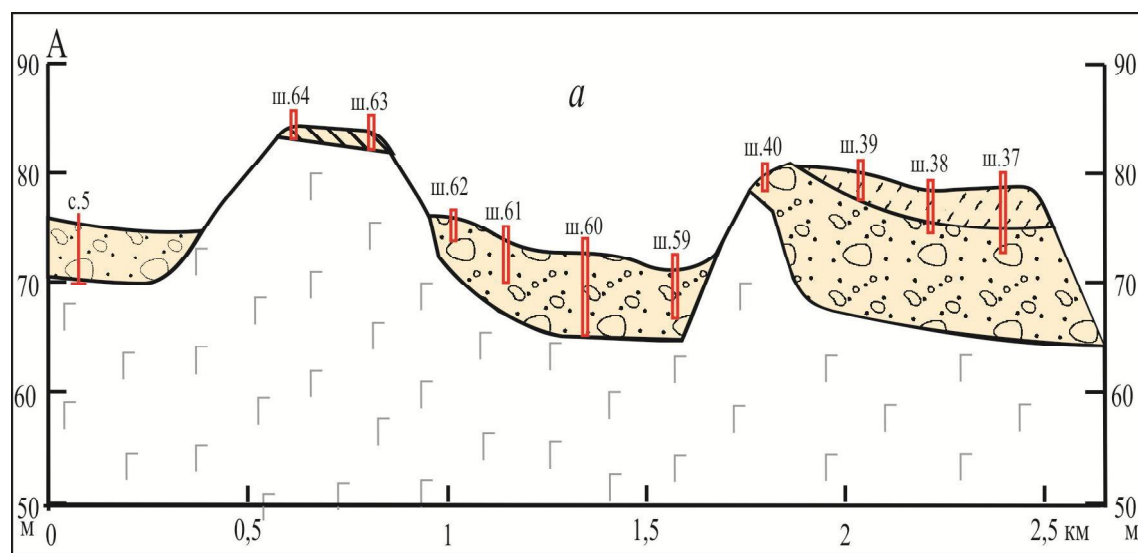
жения хорошо дренируют осадки, и тёплая вода проникает вплоть до скального ложа. Кроме того лесная растительность препятствует ветровому переносу снега, который накапливается и предохраняет грунты от сильного охлаждения в зимнее время.

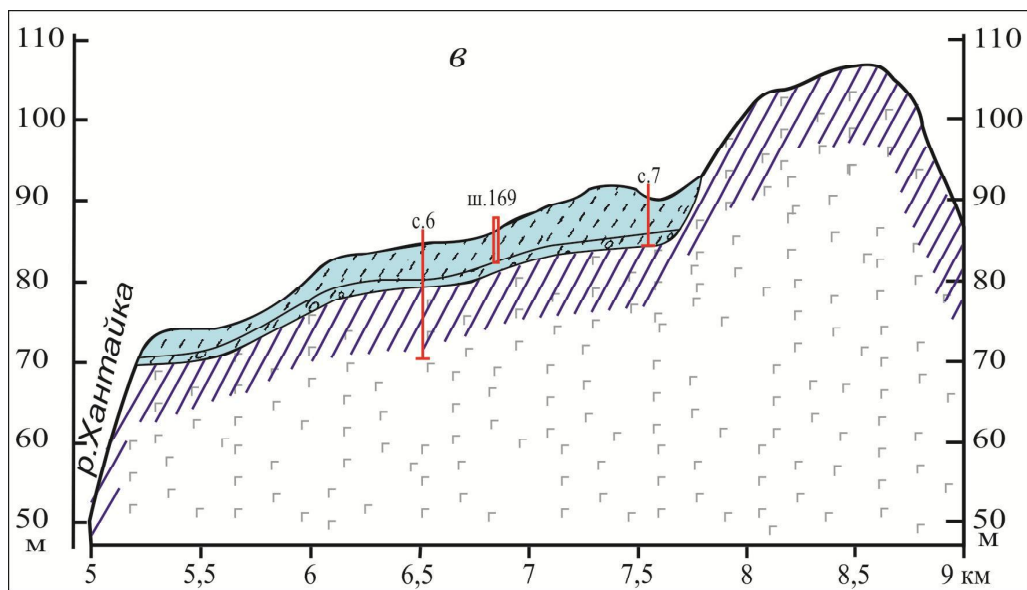
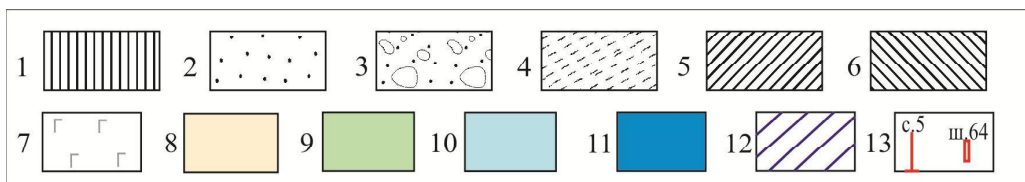
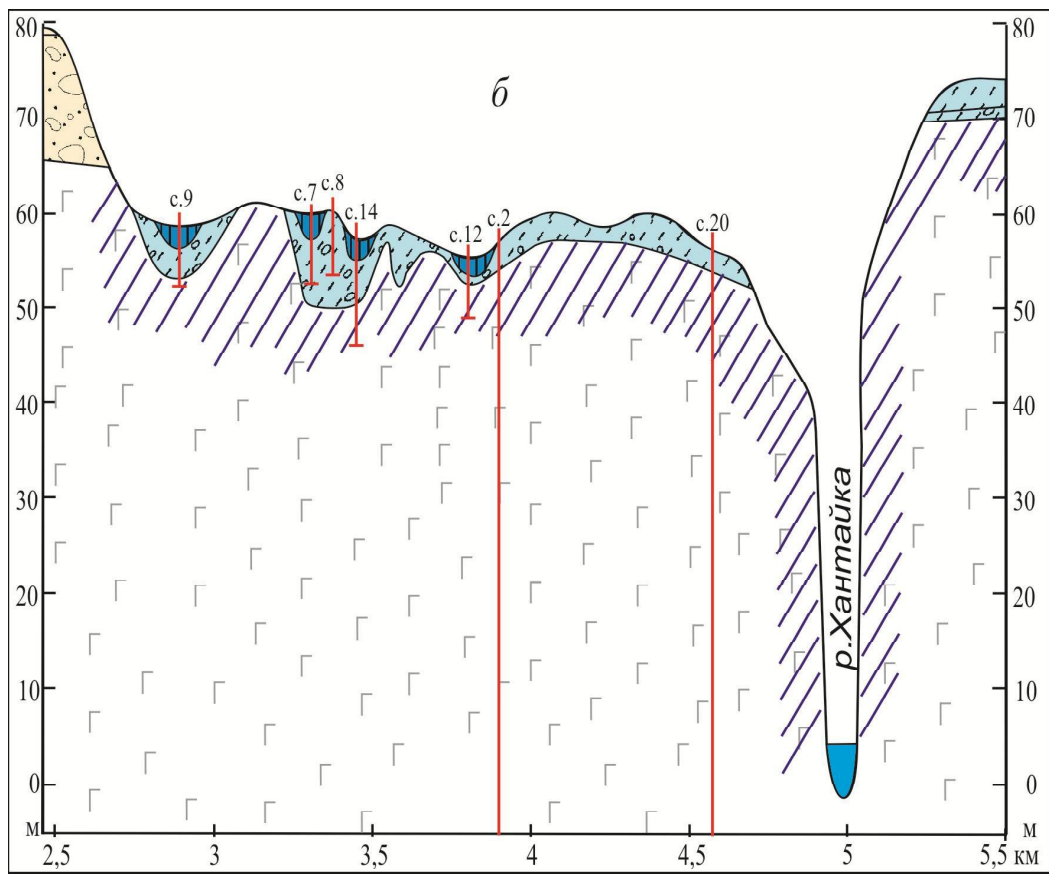
О состоянии скальных пород, не перекрытых рыхлыми отложениями, можно судить только исходя из теоретических предпосылок, поскольку мы не располагали средствами для проходки шурфов и бурения в коренных породах (только ручной комплект). Крутые безлесные склоны, с которых сдувается снег, подвергаются зимой сильному охлаждению и глубокому промерзанию.

В летнее время, наоборот, незащищённые растительностью скалы, обладая большой теплопроводностью, хорошо прогреваются. Поскольку коренные породы практически не содержат ледяных включений (только в трещинах), то всё поступающее тепло идёт на прогревание породы. Поэтому, на крутых склонах хребта происходит глубокое сезонное промерзание и протаивание пород. Что касается наличия

ММП, то фактических данных нет. Тем не менее, исходя из того, что многолетняя средняя годовая температура воздуха в районе изменяется от $-8,7$ до $-9,6$ °С и зимний период в два раза продолжительнее летнего [7], мы полагаем, что на таких участках, скорее, распространены многолетнемёрзлые породы достаточно большой мощности.

Совсем другие условия наблюдались на участках, прилегающих к р. Хантайке. Там расположены пологие залесённые склоны хребта, возвышающиеся на 50...60 м над урезом воды в реке. Буровыми работами здесь вскрыты маломощные (1,5...10 м) мёрзлые супесчано-суглинистые отложения с галькой и линзами песка, подстилаемые габбро-диабазы. Встречаются болотные понижения, заполненные торфом (рис. 3, б). Льдистость грунтов изменяется в пределах 20...65 %, а температура — $-0,1...-0,5$ °С. Глубина сезонного протаивания в торфяниках составляет 0,3...0,4 м, а в супесчано-суглинистых грунтах достигает 1,0 м.





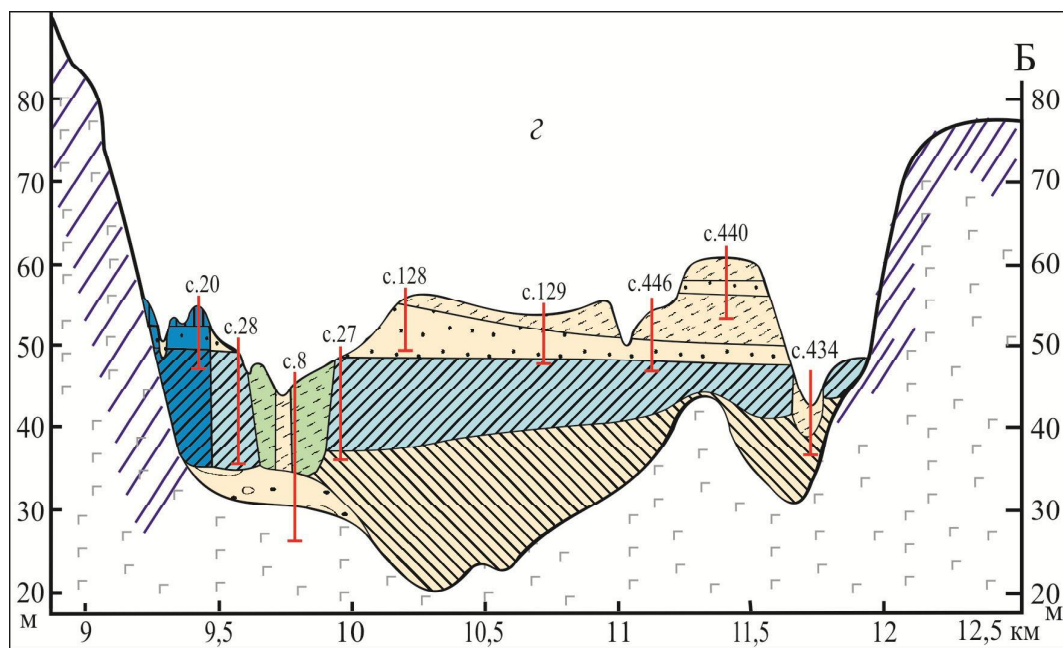


Рис. 3. Мерзлотно-литологические разрезы вдоль хр. Большого:
 Левобережье р. Хантайки: а – южная часть разреза; б – пологие залесённые склоны хребта.
 Правобережье р. Хантайки: в – возвышенная часть хребта; г – впадина в северной части.
 Состав отложений и коренных пород: 1 – торф и торфяно-болотные отложения; 2 – песок; 3 – галька и
 гравий; 4 – супесь; 5 – суглинок; 6 – морена; 7 – габбро-диабаз. Температура отложений: 8 – выше 0 °С,
 9 – 0...–0,5 °С; 10 – –0,5...–1,0 °С; 11 – ниже –1 °С; 12 – возможно наличие многолетнемерзлых пород;
 13 – места заложения шурфов и скважин

Fig. 3. Permafrost and lithologic cross-sections along the Bolshoy Ridge:
 Left bank of the Khantayka River: a – southern part of the section; b – gentle slopings, forest-covered ridge
 slopes. Right bank of the Khantayka River: c – high part of the ridge; d – depression in the northern part.
 Sediments and bedrock: 1 – peat and peat-bog sediments; 2 – sand; 3 – pebbles and gravel; 4 – sandy silt;
 5 – clay silt; 6 – moraine; 7 – gabbro-diorite. Sediment temperatures: 8 – >0°C; 9 – 0...–0,5 °С;
 10 – –0,5...–1,0 °С, 11 – < –1 °С; 12 – possible presence of permafrost; 13 – Location of soil pits and wells

Полная мощность ММП не установлена, так как глубокие скважины в габбро-диабазе, пробуренные ранее изыскателями, заполнены водой. Судя по близким к нулю отрицательным температурам в поверхностных отложениях, она вряд ли превышает 15...20 м. Косвенным подтверждением этому является то, что, согласно замерам температуры воды в скважине 2 (рис. 3, б), она неуклонно повышается от 0 °С на глубине 20 м до +4,1 °С на глубине 80 м.

Крутые склоны хребта, примыкающие к руслу р. Хантайки, незалесённые. Они характеризуются большим углом наклона (от 60 до 90°), полным отсутствием рыхлых отложений и растительности.

Правобережная часть хр. Большого наиболее высокая. Её поверхность возвышается на 70...105 м над меженным уровнем воды в реке.

Пониженная часть его (70...90 м) полого понижается к реке в южном направлении (рис. 3, в). На ней находится маломощная толща делювия (2...6 м), представленная супесями и суглинками, подстилаемыми 1,0...1,5-метровым слоем галечников с валунами. На поверхности находятся взбугрения солифлюкционного происхождения высотой 0,5...1,0 м. Деревья на них наклонены в разные стороны, стволы их нередко имеют саблевидную форму.

Все выработки в покровном слое на этом участке вскрыли мёрзлые толщи, температура которых была близка к 0 °С, а сезонное протаивание изменялось от 0,65 до 1,05 м. В верхней части (до 2,0...2,5 м) ММП содержали значительное количество льда, достигающее до 20...30 % от общего объёма отложений. Подстилающие коренные породы, по-видимому, также проморожены, но на небольшую глубину. По нашим оценкам, общая мощность ММП не превышает 10...15 м.

Возвышенная часть хребта не перекрыта рыхлой толщей и не залесена. Непосредственных наблюдений по указанным ранее причинам здесь не проводилось. Поэтому мы предполагаем, что так же, как и на крутых оголённых склонах, в этом месте распространены ММП и достаточно большой мощности.

Понижение хребта в северной части мерзлотно-литологического разреза заполнено отложениями IV надпойменной террасы, возвышающейся над урезом реки на 43...60 м. Её поверхность слабо расчленена ручейками на отдельные всхолмления, встречаются также озёрно-болотные понижения с торфяными буграми пучения. Терраса сложена тонко- и мелкозернистыми песками и несортированными супесями и суглинками. Непосредственно на коренном ложе залегает морена и песчано-галечниковые отложения с валунами. В растительном покрове преобладает редкостойный брусничный лиственничник и редкостойный багульниковый смешанный лес.

Этот участок характеризуется большим разнообразием мерзлотных условий. В его пределах широко распространены как мёрзлые, так и талые породы.

Наиболее низкие температуры грунтов (до -1,2 °С) установлены вблизи примыкания к северному склону хребта под торфяными буграми, где подстилающие их суглинки проморожены до глубины 19,5 м (рис. 3, з, скв. 20). Сравнительно низкие температуры и относительно большая мощность многолетнемёрзлых пород обусловлены почти полным сдуванием снежного покрова, что и способствует более сильному

охлаждению грунтов зимой и глубокому их промерзанию.

Под минеральными буграми мощность ММП не превышала 14 м, а температура их была немного выше и изменялась от -0,5 до -0,6 °С (рис. 3, з, скв. 28 и 27). Составляющие большую часть разреза суглинки содержат большое количество льда, в распределении которого отмечена следующая закономерность. В верхней части многолетнемёрзлой толщи (до 2,7 м) лёд наблюдался в виде гнёзд кристаллов, линз и тонких прожилок, и занимал от 25 до 50 % её объёма. В интервале 2,7...9,8 м ледяные включения состояли из частых и мощных прослоев, а льдистость грунтов достигала 70...90 %. В нижних горизонтах встречались только редкие гнёзда и одиночные кристаллы льда, и льдистость суглинков уже не превышала 10...15 %.

В супесчаных отложениях наблюдалась примерно аналогичная картина. Пробуренная Ленгидропроектом скважина 8 под тонким слоем (0,2 м) торфа до глубины 10 м вскрыла мёрзлые льдистые супеси, температура которых составляла -0,4 °С.

Наибольший интерес в геокриологическом отношении представляет центральная часть понижения. Здесь под переслаивающимися супесчаными и песчаными отложениями мощностью 6...12,5 м обнаружен прослой мёрзлых суглинков толщиной 4...11 м, температура которого изменялась в интервале -0,5...-1,0 °С.

Вся толща многолетнемёрзлых пород на этом участке залегает на талых песчано-гравийных и моренных отложениях, содержащих большое количество валунов (рис. 3, з). Лишь на участках непосредственного примыкания к склонам хребта она опирается на коренные породы с температурами, близкими к 0 °С.

Как во время проведения исследований, так и при обработке результатов и написании отчётов основной темой дискуссии был вопрос: почему в районе, расположенном гораздо севернее Полярного круга, наблюдается маломощная и островная мерзлота? Особый интерес к этому обусловлен тем, что на окружающих район исследо-

ваний более южных территориях установлены большие мощности ММП. Например, в пос. Ермаково, расположенном на широте Северного полярного круга, и немного севернее, на левобережье Енисея в верховьях р. Бол. Хеты, обнаружены многолетнемёрзлые породы мощностью 415...560 м [4]. Кроме того, на аналогичных широтах в Западной Сибири установлено сплошное распространение многолетнемёрзлых пород, а их мощность на различных участках изменялась от 150 до 300 м и даже от 300 до 450 м [3].

Документальное объяснение этому мы нашли лишь тогда, когда занялись изучением влияния снежного покрова на подстилающие грунты. Анализ наблюдений за высотой снежного покрова на метеостанциях региона показал, что он оказывает решающую роль в формировании температурного режима подстилающих грунтов. Влияние снежного покрова в значительной степени определяется его плотностью. Например, на побережье Северного ледовитого океана, где средние плотности снега максимальны (благодаря сильному ветровому воздействию при отсутствии лесной растительности) и достигают 0,30...0,35 г/см³ [8] его отепляющее влияние невелико и составляет около 1 °С на каждые 25 см снега (рис. 4, линия 3). При небольших плотностях снежного покрова (0,14...0,19 г/см³), наблюдаемых в пределах Среднесибирского плоскогорья и в некоторых горных котловинах, его влияние настолько велико, что даже при его 20-сантиметровой толщине, средняя годовая температура на поверхности грунтов может быть на 8 °С выше температуры воздуха (рис. 4, сектор 1).

В районе исследований наибольшая за зиму высота снежного покрова в среднем изменяется от 64 до 108 см, достигая в заносах до 100...150 см и более, средние величины его плотности составляют 0,22...0,25 г/см³ [8]. Под таким снежным покровом температура подстилающих грунтов как минимум должна быть выше на 6 °С, а в местах максимального его накопления — гораздо выше 10 °С (рис. 4, сектор 2). Поэтому даже при столь низких средних годовых

температурах воздуха, изменяющихся по многолетним данным наблюдений, на близрасположенных метеостанциях Игарка и Потапово — от –8,7 до –9,6 °С [7], возможно широкое распространение таликов, а также вполне объяснимы очень небольшие мощности многолетнемёрзлых пород.

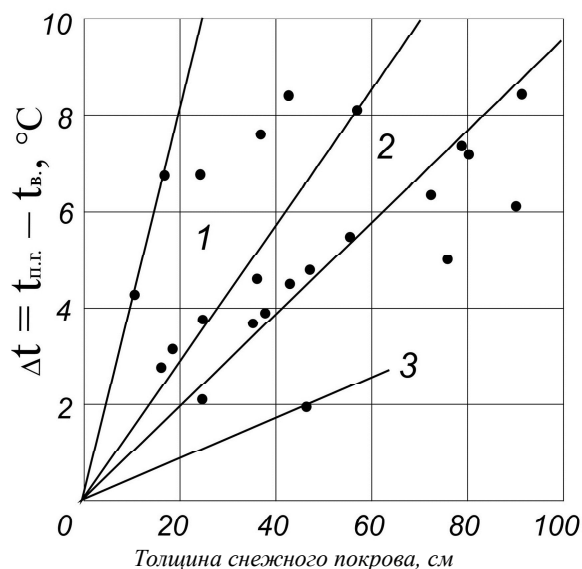


Рис. 4. Влияние снежного покрова различной плотности и толщины на температуру подстилающих грунтов:

Δt — разность между средними годовыми температурами поверхности грунтов ($t_{гр.}$) и воздуха ($t_{в.}$). Средняя плотность снежного покрова, г/см³: 1 — 0,14...0,19; 2 — 0,22...0,25; 3 — 0,30...0,35

Fig. 4. Influence of snow cover of different density and thickness on ground temperature:

Δt — difference between the mean annual ground surface temperatures ($t_{гр.}$) and mean annual air temperature ($t_{в.}$). Average density of the snow cover, g/cm³: 1 — 0,14...0,19; 2 — 0,22...0,25; 3 — 0,30...0,35

Полное подтверждение очень сильного отепляющего влияния снежного покрова на подстилающие грунты мы получили также во время 3...4-годичных ежедневных наблюдений на стационарах Зейск и Этеркан, расположенных на восточном участке трассы Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. На обоих стационарах измерения температуры проводились как непосредственно на поверхности снежного покрова, так и под ним, четыре раза в сутки в стандартные метеорологические

сроки: 01, 07, 13 и 19 ч. Установлено, что при средней зимней плотности снежного покрова, составляющей 0,15...0,16 г/см³, максимальное утепляющее влияние (около 10 °С), происходит тогда, когда его высота достигает 45 см (рис. 5). При дальнейшем увеличении высоты снежного покрова его теплоизоляционная способность уменьшается, так как снег уплотняется и его плотность возрастает до 0,17...0,18 г/см³.

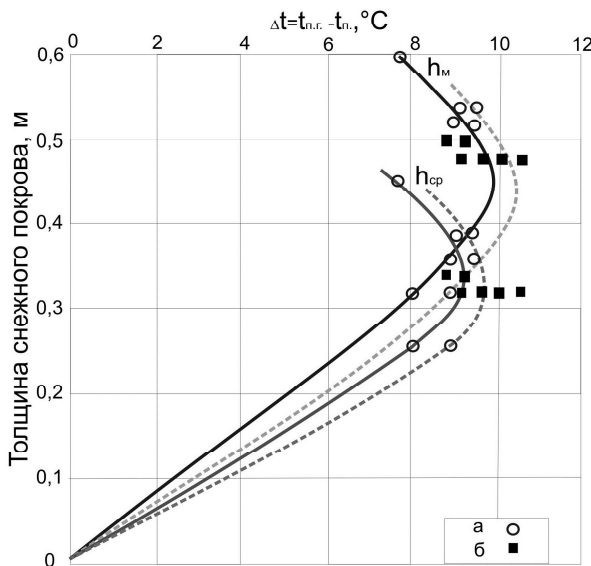


Рис. 5. Зависимость утепляющего влияния снежного покрова от его максимальной (h_m) и средней за зиму (h_{cp}) толщины на площадках стационаров Зейск (а) и Этеркан (б):
 Δt – разность между температурами под снегом (на поверхности грунта – $t_{n.g.}$) и на поверхности снежного покрова (t_n)

Fig. 5. Dependence of insulating effect of snow cover on its maximum (h_m) and winter-average (h_{cp}) thickness at Zeisk (a) and Eterkan (b) stations:

Δt – difference between the temperatures at the snow bottom (on the ground surface – $t_{n.g.}$) and at the snow surface (t_n)

В связи с тем, что максимальная толщина снежного покрова иногда бывает всего несколько дней за сезон, она не может быть надежным показателем, по которому следует оценивать его утепляющее влияние. Поэтому для обоих стационаров определены его средние за зиму мощности. Хотя характер кривых, построенных по средним значениям, не изменился, можно по ним

дать общую оценку влияния снежного покрова на формирование температурного режима подстилающих грунтов.

При средней за зиму толщине снежного покрова до 0,3 м средняя годовая температура на поверхности мохового покрова и грунтов повышается на 9,0...9,5 °С или по 3,0...3,2 °С на каждые 0,1 м. При толщине снега 0,3...0,4 м происходит как некоторое увеличение его утепляющего влияния, так и уменьшение, в среднем достигающее 8,5...9,7 °С. При возрастании средней мощности снега до 0,45 м его утепляющее влияние уменьшается до 7,5...8,5 °С (рис. 5).

Заключение. На основании анализа результатов детальных наблюдений за состоянием криолитозоны выявлены основные закономерности формирования температурного режима грунтов в долине р. Хантайки, расположенной в 180 км севернее Полярного круга. Несмотря на то, что многолетняя средняя годовая температура воздуха в районе исследований изменяется от –8,7 до –9,6 °С, в его пределах установлено островное распространение многолетнемёрзлых пород и они занимают только около 60 % территории. Талики обнаружены на всех участках, где возможно повышенное снегонакопление.

Основной причиной такого феномена является то, что высота снежного покрова достигает 100...150 см, а иногда и более. Такое мощное снежное покрывало настолько сильно предохраняет грунты от зимнего охлаждения, что под ним многолетнемёрзлые породы не образуются, так как средняя годовая температура подстилающих грунтов становится на 6...10 °С и более выше температуры воздуха. Как правило, многолетнемёрзлые породы находятся на возвышенных, частично или полностью лишённых растительности участках, с которых снег сдувается ветром. Кроме того, они распространены на тундровых заболоченных пространствах, где снег под воздействием ветра значительно уплотняется и существенно теряет свои теплоизоляционные свойства.

Список литературы

1. Алексеев В. Р. Притяжение мёрзлой земли. Новосибирск: Гео, 2016. 538 с.
2. Геокриология СССР. Западная Сибирь. М.: Недра, 1989. 454 с.
3. Инженерная геология СССР. Т. 3. Восточная Сибирь. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 657 с.
4. Карпов Е. Г., Барановский Е. Л. Состояние криолитозоны Игарского района Енисейского Заполярья. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 1999. 90 с.
5. Павлов А. В. Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах территории СССР. Якутск: Кн. изд-во, 1975. 302 с.
6. Павлов А. В. Расчёт и регулирование мерзлотного режима почвы. Новосибирск: Наука, 1980. 240 с.
7. Справочник по климату СССР. Ч. II: Температура воздуха и почвы. Вып. 21: Красноярский край и Тувинская АССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 504 с.
8. Справочник по климату СССР. Ч. IV: Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Вып. 21: Красноярский край и Тувинская АССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 404 с.
9. Тыртиков А. П. Влияние растительного покрова на промерзание и протаивание грунтов. М.: МГУ, 1969. 192 с.
10. Тыртиков А. П. Динамика растительного покрова и развитие вечной мерзлоты в Западной Сибири. М.: МГУ, 1974. 199 с.

References

1. Alekseev V. R. *Prityazhenie myorzloy zemli* [The attraction of the frozen earth]. Novosibirsk: Geo, 2016. 538 p.
2. *Geokriologiya SSSR. Zapadnaya Sibir* [Geocryology of the USSR. Western Siberia]. Moscow: Nedra, 1989. 454 p.
3. *Inzhenernaya geologiya SSSR* [Engineering Geology of the USSR]. Vol. 3. Eastern Siberia. Moscow: Izd-vo Mosk. Univ., 1977. 657 p.
4. Karpov E. G., Baranovsky E. L. *Sostoyanie kriolitozony Igarskogo rayona Eniseyskogo Zapolyariya* [State of the cryolithozone of the Igarsk district of the Yenisei Polar region]. Yakutsk: Izd-vo of the Permafrost Institute SB RAS, 1999. 90 p.
5. Pavlov A. V. *Teploobmen pochvy s atmosferoy v severnyh i umerennyh shirotah territorii SSSR* [Heat exchange of soil with the atmosphere in the northern and temperate latitudes of the USSR]. Yakutsk: Book Publishing house, 1975. 302 p.
6. Pavlov A. V. *Raschyot i regulirovanie merzlotnogo rezhima pochvy* [Calculation and regulation of the permafrost regime of the soil]. Novosibirsk: Science, 1980. 240 p.
7. *Spravochnik po klimatu SSSR* [Reference book on the climate of the USSR]. Part II: Air and soil temperature. Issue. 21: Krasnoyarsk Territory and the Tuva ASSR. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1967. 504 p.
8. *Spravochnik po klimatu SSSR* [Reference book on the climate of the USSR]. Part IV: Air humidity, atmospheric precipitation, snow cover. Issue. 21: Krasnoyarsk Territory and the Tuva ASSR. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1969. 404 p.
9. Tyrtikov A. P. *Vliyaniye rastitelnogo pokrova na promerzaniye i protaivaniye gruntov* [Influence of vegetative cover on freezing and thawing of soils]. Moscow: MSU, 1969. 192 p.
10. Tyrtikov A. P. *Dinamika rastitelnogo pokrova i razvitiye vechnoy merzloty v Zapadnoy Sibiri* [Dynamics of vegetative cover and development of permafrost in Western Siberia]. Moscow: MSU, 1974. 199 p.

Коротко об авторе

Briefly about the author

Заболотник Станислав Иванович, канд. геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник, ст. научный сотрудник, действительный член Международной Академии информатизации, Почётный работник науки и техники Российской Федерации, Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова, Сибирское отделение Российской академии наук (ИМЗ СО РАН), лаборатория общей геокриологии, г. Якутск, Россия. Область научных интересов: исследования закономерностей формирования сезонно- и многолетнемёрзлых пород в различных регионах страны
zabolotnik@mpi.ysn.ru

Stanislav Zabolotnik, candidate of geological and mineralogical sciences, leading scientific researcher, senior researcher, full member of the International Academy of Informatization, honored worker of Science and Technology, Russian Science Permafrost Institute named after Melnikov, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IMZ SB RAS), General Geocryology laboratory, Yakutsk, Russia. Sphere of scientific interests: formation of seasonal frost and permafrost in various regions of the country

Образец цитирования

Заболотник С. И. Геокриологические условия района Хантайской ГЭС // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 5. С. 4–14. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-5-4-14.

Zabolotnik S. Geocryological conditions of the Khantay hydro power plant district // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 5, pp. 4–14. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-5-4-14.

Дата поступления статьи: 02.05.2017 г.
Дата опубликования статьи: 31.05.2017 г.

