

5. Соболев М.Т., Устюжанинов В.Г. Геологическая карта Урала М 1:50000 // Фонды Уралгеолкома. Екатеринбург, 1972.

6. Фельдман А.Л. Мониторинг подземных вод на Полдневском карьере Троицко-Байновского месторождения огнеупорных глин // Фонды КИР по Свердловской области. Екатеринбург, 1997.

УДК 556.388

И.В. Абатурова, Б.В. Лихарев, И.А. Носкова, И.С. Сабуров

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТОЛЩ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД В РАЙОНЕ Г. САЛЕХАРДА

Интенсивное освоение северных районов, региональное изменение радиационно-теплового баланса в сторону положительного методически приводит к увеличению глубины протаивания толщ многолетнемерзлых пород и как следствие к развитию инженерно-геологических процессов и деформациям зданий и сооружений [2]. Данные проблемы прослеживаются практически во всех городах Севера. Весьма показательным в этом отношении является столица Ямало-Ненецкого автономного округа г. Салехард. В этой связи важным является вопрос прогноза изменения мощности и понижения кровли многолетнемерзлых пород (ММП).

Территория г. Салехарда расположена севернее Полярного круга. История геологического развития, климатические особенности определили современное состояние горных пород как многолетнемерзлых [1, 3].

В геологическом строении района принимают участие аллювиальные, озёрно-болотные, эоловые, делювиально-солифлюкционные, аллювиально-морские, ледово-морские отложения неоплейстоцена и голоцена, слагающие I, II, III и IV надпойменные террасы. В литологическом отношении это пески, супеси, суглинки, глины, торфа.

Изучаемая территория принадлежит к зоне сплошного и прерывистого распространения ММП. Прерывистость обусловлена наличием таликовых зон сквозного и несквозного характера, которые приурочены к руслам рек Оби, Полуя, Шайтанки, Васъегана. Несквозные талики встречаются под мелкими водными объектами, в полосах стока при значительной мощности снега, обильной растительности.

Одним из главных факторов, определяющих распределение многолетнемерзлых пород по площади, является ландшафт. В этой связи характер распределения ММП в пределах долин и водоразделов оказывается различным. На междуречном пространстве (р. Обь, Васъеган, Полуя) выделяются два типа участков, резко отличающихся по условиям теплообмена и особенностями распространения многолетнемерзлых пород: плоские заболоченные не дренированные поверхности; хорошо дренируемые поверхности.

Плоские заболоченные поверхности расположены в пределах II надпойменной террасы. Здесь многолетнемерзлые породы имеют широкое распространение и занимают 70-75 % площади. Участки приурочены к заторфованным безлесым территориям. В пределах залесенных участков, ложбин стока и днищ молодых хасыреев мощность многолетнемерзлых пород резко сокращается. На небольших по размеру ложбинах стока, разделяющих массивы заболоченных земель, поверхность многолетнемерзлых пород опущена до глубины 2-5 м.

Хорошо дренируемые поверхности расположены в пределах III, IV надпойменных террас с абсолютными отметками поверхности 80-90 м. Для данных участков характерен оптимальный режим теплообмена, но малая мощность снежного покрова, песчаный состав пород привели к глубокому промерзанию пород. И как результат – для водораздельных пространств характерно однослойное строение толщи многолетнемерзлых пород по вертикали. Мощность такой толщи составляет 80-200 м. Кровля совпадает с дневной поверхностью. Однако на отдельных участках мерзлота имеет слоистое строение. Первый слой залегает с поверхности, либо его кровля опускается до глубин 2-5 м и мощность его составляет от 10 до 30 м. Иногда многолетнемерзлые породы первого слоя отсутствуют и фиксируется только второй слой. Второй слой характеризуется глубиной залегания кровли 40-50 м и мощностью 20-80 м. Третий слой залегает на глубинах более 80 м, и вскрытая мощность его составляет 25-30 м. Установлено, что мерзлота однослойного строения приурочена к тундровым, безлесым участкам. Двух-, редко трехслойное строение характерно для залесенных

участков. Вероятнее всего это объясняется тем, что к началу климатического оптимума на безлесых участках мерзлые породы имели более суровый температурный режим, чем на залесенных. Поэтому безлесые участки характеризовались меньшей глубиной протаивания, и на них произошло более быстрое промерзание оттаявшего слоя.

Основные факторы, определяющие условия формирования и существования многолетнемерзлых пород в пойме, - грунтовые воды, микрорельеф поверхности и растительный покров.

Пойма реки Оби является аazonальным участком по мерзлотным условиям благодаря мощному отепляющему влиянию водного потока. Такое явление приводит к тому, что на пойме р. Оби практически не встречается двухслойного строения мерзлой толщи и все мерзлотные зоны сдвинуты к северу. Очень характерно для поймы наличие сквозных и несквозных таликов глубиной от 10 до 30 м и более. Под руслом р. Оби зафиксирован сквозной талик. Под сорами мощность мерзлоты увеличивается, благодаря малой мощности снежного покрова, сдуваемого ветрами. На участках развития береговых валов мощность её уменьшается или вообще отсутствует, благодаря повышенной мощности снежного покрова и песчанистому составу грунтов. Максимальная мощность мерзлоты, зафиксированная на пойме р. Обь, составляет 130 м.

В бассейне р. Полуи выделяется двухслойное строение мерзлоты. Здесь мощность первого слоя составляет 20-30 м, кровля его залегает с глубин 10-15 м, второй слой имеет мощность 30-50 м. Кровля реликтового слоя мерзлых пород на террасовых уровнях залегает на глубине 60-90 м.

Многолетнемерзлые породы распространены в залесенных (прирусловой и центральной) частях высокой поймы, где развиты на плоских участках с угнетенными заболоченными лесами.

Под небольшими реками (Васьёган, Шайтанка) формируются сквозные и несквозные талики щелевидной формы. Мощность несквозных таликов составляет от 1,5 до 12,5 м, реже 20 м. Сквозные талики характерны для русловой зоны и отмечаются преимущественно в устье, где ширина долины достигает 700-1000 м.

Установлено, что пресные водоемы оказывают отепляющее влияние на температурный режим донных отложений, в результате чего под озёрами формируются несквозные талики. Такие талики и имеют форму чаши мощностью 8-10 м.

Многолетние инженерно-геологические исследования в пределах изучаемого района позволили установить основные закономерности формирования температурного режима пород и установить зависимости температуры пород от различных факторов природной обстановки.

Глубина слоя годовых колебаний составляет 7-8 м. При среднегодовых температурах пород, близких к 0 °С, глубина слоя сезонных колебаний может быть близка к мощности слоя сезонного промерзания - протаивания. Для района г. Салехарда характерны средние годовые температуры грунтов от 0 °С до -1 °С с диапазоном колебаний от 2 °С до (-4) - (-5) °С. Следует отметить, что указанные выше закономерности в распределении температур горных пород характерны для наиболее типичных условий на поверхности. Разнообразие же ландшафтных условий в одной и той же климатической зоне приводит к значительным колебаниям температур отложений.

По характеру ландшафтных условий, определяющих структуру радиационно-теплового баланса, изучаемая территория представляет собой плоскую низменную равнину с закономерным чередованием участков залесенных, безлесых и заболоченных.

Залесенные участки развиты преимущественно в долинах рек. Общая площадь залесенной территории составляет около 20-30 %. Для данных участков характерны лиственнично-сосновые, кустарничково-сфагновые и травяно-моховые леса, сомкнутость крон которых варьирует от 0,1 до 0,3. На поверхности аллювиальных, озёрно-аллювиальных залесенные участки встречаются спорадически в виде отдельных островков. На залесённых участках террас температуры пород составляют (-0,5) - (-1) °С.

Наиболее пестрый температурный режим характерен для пойменных участков, где весьма ощутима роль конвективной составляющей теплообмена. Многолетнемерзлые породы, приуроченные к мелкопочковатой пойме и участкам, занятым неглубокими сорами, имеют температуру от -0,5 °С до -1 °С. На участках с густой кустарниковой растительностью температура пород повышается. Талые породы, лежащие под руслом рек, проток и приуроченные к береговым валам, протягивающимся вдоль проток, имеют температуру от 0 °С до 0,5 °С. На замороженных участках русла температура составляет (-1) - (-2) °С.

Безлесые (тундровые) участки занимают около 50-60 % территории, развиты повсеместно как на водоразделах, так и фрагментами в долинах рек. Установлено, что безлесые участки (Павлов.

1975) по сравнению с залесенными характеризуются увеличением в 1,5-2 раза годового теплооборота почвы. При этом увеличение летней инсоляции поверхности не только компенсируется, но в значительной степени и перекрывается возрастанием зимних потерь тепла вследствие резкого сокращения на открытых участках мощности снежного покрова. Поэтому температура пород в пределах безлесых участков речных террас и водоразделов всегда оказывается более низкой и зависит от положения в рельефе, состава поверхностных отложений, характера растительного покрова, микрорельефа. Температура горных пород здесь колеблется от -1°C до -2°C .

Болота и заболоченные участки занимают около 10-20 % территории и приурочены к участкам поймы, надпойменным террасам. Специфика теплообмена горных пород с атмосферой на данных участках определяется постоянным избыточным увлажнением поверхности и как следствие небольшой мощностью сезонноталого – сезонномерзлого слоя, значительными потерями тепла на испарение и повсеместным развитием моховой растительности. Температуры пород на заболоченных участках составляют от 0°C до (-3) - $(-4)^{\circ}\text{C}$. Такие колебания температур определяются прежде всего характером растительности, степенью увлажненности.

Наиболее высокие температуры пород характерны для травяно-сфагновых и травяных топей, широко распространенных в долинах рек и на водораздельных пространствах. Такие участки имеют близкую к 0°C температуру.

Заболоченные ложбины стока, распространенные на плоских водораздельных поверхностях, имеют температуры (-1) – $(-2)^{\circ}\text{C}$. На плоских участках водораздельных болот, откуда сдувается снежный покров, температуры понижаются до (-3) – $(-4)^{\circ}\text{C}$.

В пределах изучаемой территории нередко на заболоченных участках формируются бугры и гряды криогенного пучения. Так как снежный покров с поверхности бугров сдувается и откладывается у подножий, горные породы, слагающие бугры и гряды, оказывается более охлажденными, чем окружающие их плоские участки. Температура пород на таких участках меняется от -3°C до (-5) – $(-6)^{\circ}\text{C}$. Температура пород здесь определяется размерами бугра (высота и диаметр), характером поверхности (залесенные – безлесые), составом грунтов слоя сезонного протаивания (пески, торф, суглинки). Наиболее низкие температуры характерны для пород, формирующих безлесые бугры и гряды высотой более 2-2,5 м.

Температуры пород в глубоких оврагах, долинах мелких рек полностью определяются условиями снеготранспортировки и поэтому зависят от ширины и глубины долин, их пространственной ориентировки относительно розы ветров и, как правило, оказываются более высокими, чем на соседних водораздельных участках.

Анализ фактического материала по разовым измерениям температуры позволил выявить роль различных факторов природной обстановки в формировании температуры пород. Основными факторами, формирующими температурный режим пород на исследуемой территории, являются: состав поверхностных отложений, положение участка в рельефе и его микрорельеф (определяющие дренированность и условия снеготранспортировки), характер растительного покрова.

Климатические особенности г. Салехарда (суровая продолжительная зима, низкие среднемесячные температуры воздуха) определили, что преобладающую роль в формировании температурного режима пород играет мощность снежного покрова. Установлено, что в пределах безлесых участков, сложенных песками и суглинками, температуры пород очень близки, а разница в температурах участков, сложенных песком, и плоских заболоченных участков сокращается до 1-1,5 $^{\circ}\text{C}$. Это характерно для придолинных дренированных участков, сложенных песками с кустарничково-лишайниковыми тундрами.

Такое аномальное распределение температур в пределах участков, сложенных различными породами, полностью объясняется характером снегонакопления на этих участках, поскольку на кочковатой поверхности торфяных массивов задерживается больше снега, чем на ровных участках, сложенных песками и суглинками. Песчаные участки с кустарничково-лишайниковым покровом имеют, как правило, ровную поверхность, не препятствующую переносу снега, мощность которого не превышает 20-30 см. Наличие песчаных раздувов в придолинных участках свидетельствует о практически полном сдувании с них снега, и как результат - более низких температурах пород. На участках с кочковатой и мелкобугристой мохово-кустарничковой тундры, часто с мочажинами, сложенных с поверхности суглинками, лучшие условия для накопления снега, и поэтому они имеют более высокую температуру, чем участки, сложенные песками.

В связи с равнинностью территории характер инсоляции на большей её части сравнительно одинаков. Исключение составляют крутые склоны, занимающие небольшую площадь и

приуроченные к перегибам местности, главным образом в долинах рек. Существенное значение в формировании температур поверхностных отложений имеет микрорельеф поверхности, определяющий условия увлажненности пород слоя сезонного промерзания – протаивания и характер распределения снежного покрова. В пределах изучаемой площади наиболее “теплыми” оказались грунты, слагающие понижения рельефа, имеющие оптимальные условия для снегонакопления.

Максимальная амплитуда температур пород из-за неравномерного снегонакопления достигает 4-5 °С.

Одним из главных факторов, определяющих температурный режим поверхностных отложений, является снежный покров. По данным снегомерной съёмки в районе г. Салехарда, мощность снегового покрова меняется от 10-20 до 50-70 см. Анализ данных показывает, что особенно велико различие в мощности снега в пределах безлесых и залесённых участков. В зависимости от мощности слоя снега и его плотности среднегодовая температура пород повышается на каждые 10 см снега на 1 °С. В свою очередь, выше было доказано, что пространственная изменчивость температуры пород полностью определяется особенностями микрорельефа поверхности, что и обуславливает распределение снежного покрова. В соответствии с особенностями зимней розы ветров (наиболее часты юго-западные ветры) более высокие температуры пород формируются в узких долинах, ориентированных с северо-запада на юго-восток, а наиболее низкие – в широких долинах северо-восточного направления.

Удаление снежного покрова приводит к увеличению мощности сезонномерзлого слоя на 20-50 %.

Существенное влияние на тепловое состояние пород оказывает растительный покров. Располагаясь на поверхности раздела между атмосферой и литосферой, растительный покров регулирует количество тепла, поступающего в почву, в летний период оказывая существенное влияние на влагообмен в верхних слоях почвы.

По характеру влияния на теплообмен атмосферы с литосферой растительный покров можно разделить на три группы: древесный; кустарники; травяной и моховой ярус.

В зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород леса редкостойные, в летний период влияние лесного покрова сравнимо с его зимним влиянием. Лесной покров сокращает амплитуду колебания температуры поверхности почвы. Так, в пределах сомкнутых пойменных лесов в долине р. Оби температура грунтов понижается всего на 0,2-0,5 °С.

Вырубка таких лесов на придолинных дренированных участках с пониженной кровлей ММП приводит к поднятию верхней поверхности ММП вплоть до смыкания её с сезонно мерзлым слоем.

Кустарниковый ярус способствует накоплению снега, тем самым охраняя почву от охлаждения и уменьшая глубину её промерзания. Влияние его на грунты тем больше, чем больше мощность снежного покрова, продолжительнее зима, ниже температура воздуха.

Травяной и моховой покровы играют роль теплоизолятора. Однако в пределах сплошного распространения ММП его влияние на изменение температурного режима незначительно.

Наиболее пестрый температурный режим характерен для пойменных участков. Многолетнемерзлые породы, приуроченные к мелкопочковатой пойме и участкам, занятым неглубокими сорами, имеют температуру от -0,5 до -1,0 °С. На участках с густой кустарниковой растительностью температура пород повышается. Талые породы, лежащие под руслом проток и приуроченные к береговым валам, протягивающимся вдоль проток, имеют температуру от 0 °С до 0,5 °С.

Таким образом, установленные закономерности распространения толщ многолетнемерзлых пород, их основные температурные характеристики позволяют принять уже на стадии проектирования зданий и сооружений конструктивные решения по строительству в условиях сурового климата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. М.: Изд. МГУ, 1978. С. 25-27.
2. Хрусталева Л.Н., Кутович Н.Б., Гребенев В.И. Геоэкологические опасности в городах и посёлках // Геоэкологические опасности / Под ред. Гарагули Л.С. 2000. С. 151-157.
3. Трофимов В.Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. М.: Изд. МГУ, 2002. С. 48-52.