

ТОЧКА ОПОРЫ. ЧАСТЬ 1: БАРЕНЦБУРГ

Многолетнюю мерзлоту называют также «вечной», и в этом понятии заложено отношение к ней как к некой неизменной данности, с которой приходится сосуществовать и считаться. Проектировщики советских поселков на Шпицбергене — Баренцбурга, Пирамиды, Груманта и Колсбея — столкнулись с необходимостью учитывать мерзлотный фактор в поиске инженерных решений. Они исходили из того, что мерзлота стабильна, однако время показало: мерзлота меняется вслед за климатом, и поэтому отношения с ней сегодня требуют переосмысления.

В бытовом понимании многолетняя мерзлота выступает явлением скорее негативным — она удорожает строительство и провоцирует поломки. Но расценивать мерзлоту лишь с одной стороны — значит, игнорировать ее роль хранилища огромного массива информации об изменении природной среды Арктики. На Шпицбергене мерзлота десятилетиями сохраняла от разрушительных природных процессов памятники полярной археологии. В норвежском поселке Лонгйирбюен мерзлота сделала возможным обустройство Всемирного семеновохранилища. В 1912 году Фритъоф Нансен посетил американскую угольную шахту в заливе Грэн-фьорд (будущий советский/российский рудник Баренцбург) и сделал ряд выводов практического характера относительно преимуществ добычи угля в толще многолетнемерзлых пород: «Важно также, что температура в здешних штольнях не поднимается слишком высоко; этим устраняется одно из самых больших неудобств, дающих себя знать в большинстве шахт всего мира... Промороженные грунты представляют также большое преимущество: вода не просачивается и не стекает внутрь, чем устраняется необходимость откачивать воду, как в большинстве шахт. И даже значительно углубившись в шахту, очутившись там, где температура уже выше нуля, нельзя ожидать особенно много воды, так как последней трудно просочиться сквозь поверхностные многолетнемерзлые породы».

Настоящая фотосерия в двух частях иллюстрирует мерзлотные явления и то, как их изучают вокруг двух очагов российского присутствия на архипелаге Шпицберген: поселков Баренцбург и Пирамида — самых северных в мире поселков с тяжелыми зданиями на многолетнемерзлых грунтах. Архипелаг попадает в эпицентр изменений климата и мерзлотной обстановки, и спровоцированные этими изменениями процессы неизбежно, хоть и с некоторым опозданием, коснутся территории России.



Баренцбург сверху

Поселок-рудник Баренцбург построен на лестнице морских террас. Благодаря малой мощности чехла рыхлых отложений при строительстве здесь используются сваи-стойки, которые передают нагрузку от зданий непосредственно на прочные скальные грунты. В связи с этим влияние мерзлотного фактора на инфраструктуру в целом минимизировано. Хотя и здесь ряд зданий подвержен деформациям, как, например, вертодром и общежитие номер 29.



Наледь в Олафе

Начало деградации мерзлых толщ на Шпицбергене начнется с момента, когда летнее протаивание не скомпенсируется зимним промерзанием, в результате между слоем сезонной и многолетней мерзлоты возникнет талик с незамерзшей водой. Уже сейчас на участках, где концентрируется сток надмерзлотных вод (понижения рельефа, хорошо проницаемые грубозернистые отложения), мощность слоя сезонного протаивания максимальна и может достигать 3–4 м. Под тальвегами ручьев и руслами рек скапливается так много воды, а значит, и тепла, что здесь формируется не промерзающий за зиму талик. При этом зажатая между кровлей многолетней мерзлоты и слоем зимнего промерзания вода под давлением может выходить на поверхность и образовывать наледи. На фотографии одна из таких наледей в каньоне ручья Олаф в 3 км от Баренцбурга. Наледная вода имеет ярко выраженный кислый привкус за счет низкого pH (около 4). Столь низкий pH и рыжеватый оттенок наледи объясняются наличием пирита в коренных породах, который под влиянием воды выветривается до сернокислых солей железа и свободной серной кислоты. Формирование таликов повлечет за собой не только потерю устойчивости свайных фундаментов, но и ускоренное разрушение свай агрессивными грунтовыми водами с низким pH.



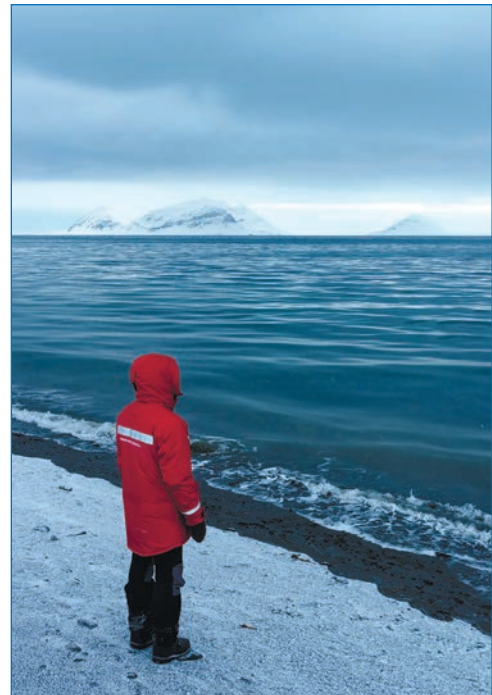
Булгуньях в Рейндален

Многолетние бугры пучения гидролаколиты, или, как их называют на Шпицбергене норвежцы, пинго, являются одной из визитных карточек архипелага. Как и булгуньяхи в сибирской тундре, они нанесены на норвежские топокарты. В 75 км от Баренцбурга, на тектоническом разломе, по которому заложена долина Рейндален, расположена группа пинго, среди которых есть и самый высокий пинго Шпицбергена. Его высота 42 м, он виден в правой части снимка. Возраст бугров пучения на Шпицбергене пока остается загадкой, но их хорошая сохранность говорит о том, что образованы они немногим ранее нескольких тысяч лет назад. Спусковым крючком для роста бугров пучения является промерзание талых пород. По какой причине в местах расположения пинго в момент их образования не было мерзлоты, пока остается неясным. Помимо мягкого климата это могло быть вызвано тем, что речные долины были заняты морем или политермическими ледниками с теплым ложем.



В кратере булгуньях

Близкое к поверхности расположение грунтового льда позволяет изучать его морфологию с помощью георадиолокации. На переднем плане снегоход тянет сани с антеннами георадара. Во время образования бугра сила пучения была столь значительна, что разорвала и приподняла скальные грунты, среди которых был и пласт угля. В центральной части фотографии виден костер, разведенный из этого угля, «доставленного» на поверхность силами мерзлоты.



У моря

Залив Грэн-фьорд, как и большинство фьордов на западном берегу Шпицбергена, зимой не замерзает полностью. Причиной тому служит приходящее сюда ответвление Гольфстрима. Морские и воздушные массы, поступающие из Атлантики, объясняют и относительно теплый климат, который на столь высоких широтах более нигде на планете не встречается. В аномально теплом 2016 году среднегодовая температура воздуха в поселке Баренцбург составила $-0,4^{\circ}\text{C}$. Климат определяет верхнее граничное условие для мерзлых толщ — при таких высоких температурах мерзлота сможет стабильно существовать лишь под торфяниками, которые на архипелаге распространены крайне ограниченно. 2016 год на качественном уровне свидетельствует о возможности скорого перехода мерзлоты в нестабильное состояние. Численные модели показывают: если климат продолжит теплеть с той же скоростью, как в последние 30 лет, мерзлота начнет деградировать уже через 20–30 лет и ее кровля будет опускаться со скоростью 10–15 см каждый год.



Лед на озере в Рейндален

Гидролакколиты — первые мерзлотные формы рельефа, которые уже реагируют на потепление климата. Сезонно-талый слой затрагивает ледяное ядро, в результате чего происходит ежегодная просадка поверхности с образованием термокарстовых озер. По этому сценарию образовался кратер на вершине самого высокого бугра пучения в долине Рейндален. На фотографии показан лед расположенного в кратере озера. Вода озера имеет ярко выраженный сероводородный привкус. По-видимому, с сероводородом связаны пузырьки в озерном льду. Разгружается ли в озеро источник подмерзлотных сероводородных вод, или его генезис связан с застойным режимом озера, покажут дальнейшие исследования.



Минералы в шахте

Сегодня шахта Баренцбурга ушла уже значительно ниже подошвы мерзлоты, и в шахту идет водоприток связанных с морем подмерзлотных вод в объеме порядка 10–20 м³ в сутки. Как и когда увеличится водоприток в связи с растеплением мерзлоты, пока сложно сказать. Пример подтопления, после которого была заброшена шахта по добыче свинцово-цинковых руд на о. Вайгач в 1938 году, говорит, что данный вопрос не является отвлеченным.

Из истории работ на этом руднике известно, что ссыльный геолог Вайгачской экспедиции ОГПУ П.В. Виттенбург сделал интересный вывод о существовании в прошлом более суровых условий в районе о. Вайгач на основе обнаружения в массивах известняков трещин, заполненных минералом мирабилитом, который выпадет в твердую фазу при температурах –8...–6 °С — т. е. более низких, чем были фактически измерены в горных выработках. Есть ли такие индикаторы палеотемпературных условий в шахте Баренцбурга? Это покажут дальнейшие геохимические анализы отобранных в шахте минералов. На фотографии показаны соли в ассоциации с углями в шахте Баренцбурга.



Буровая

Буровая УКБ-12/25 наряду с термокосами, геофизической аппаратурой и химико-аналитической лабораторией является основным инструментом, используемым РАЭ-Ш для исследований подземного оледенения архипелага. На снимке хорошо видны заступы — характерная черта снежного покрова Арктики, где сильные ветра значительно уплотняют снег. В результате снежный покров теряет способность отеплять грунт, и на Шпицбергене среднегодовая температура воздуха и мерзлоты практически не отличаются друг от друга. Это объясняет, почему на Шпицбергене при среднегодовой температуре воздуха около –2 °С мерзлые породы имеют сплошное распространение, тогда как в Центральной Якутии и Канаде при среднегодовых температурах порядка –8 °С мерзлота распространена отдельными островами.

Авторы материала и фото к нему: Н.Э. Демидов (ААНИИ), Н.В. Чалая (ИА РАН, ААНИИ), М.Н. Лега (ТВ Наука)