Записки Ленинградского Горного Института. Том XIV, 1941
Annales de l'Institut des Mines à Léningrad. Vol. XIV, 1941

Динамика мерзлотного процесса на европейском севере СССР

Асп. *В. А. Кудрявцев*

Dynamic of a frosen process on the European North ofoUSSR

Asp. *V. A. Koodravtsev*

Выдвинув теорию деградации вечной мерзлоты в 1932 г., М. И. Сумгин показал, что основным вопросом в деле изучения вечной мерзлоты как природного фактора является ее динамика, т. е. деградирует ли она, наступает или находится в стабильном состоянии. [1]

Им же был найден способ решения этого вопроса для любой отдельной точки в области распространения вечной мерзлоты путем получения температурных кривых на глубину, превышающую глубину залегания нулевой годовой амплитуды колебания температуры; [2] (там же приведены типичные кривые температур деградирующей и наступающей мерзлоты).

Но как известно, решение вопроса динамики мерзлотного процесса, т. е. деградирует или наступает вечная мерзлота для отдельной точки, не дает решения для всего района, так как элементы гидрогеологии, рельефа, геоботаники и пр. имеют существенное влияние на микродинамику мерзлотного процесса и могут ее либо усиливать, либо ослаблять и даже изменять до полной ее противоположности. Так, в результате полевых работ установлено, что очень часто в районе с деградирующей вечной мерзлотой встречаются отдельные участки с резко наступающей вечной мерзлотой и наоборот. Такое совместное существование крайних разностей вечной мерзлоты делает иногда затруднительным решение вопроса динамики мерзлотного процесса для какого-либо района, если даже динамика мерзлотного процесса определена для отдельных точек, так как в одном районе в различных точках такое решение может быть самым различным.

В таком случае становится уже необходимым установить, какое направление динамики мерзлотного процесса является основным для всего сектора области распространения вечной мерзлоты, в котором находится данный район, и какое вторичным, имеющим сугубо региональное значение. Причем такое вторичное направление динамики мерзлотного процесса имеет всегда подчиненное значение в решении вопросов прикладного характера и часто может маскировать истинное основное направление динамики мерзлотного процесса для этого сектора, а следовательно и для данного района.

Для нахождения этого истинного и основного направления динамики мерзлотного процесса для всего данного сектора области распространения вечной мерзлоты М. И. Сумгиным была выдвинута идея меридионального разреза, суть которой

---

[1] Труды комиссии по изучению вечной мерзлоты Акад. Наук СССР. Том I. М. И. Сумгин. 1932 г.

[2] Там же.

заключается в том, чтобы дать картину динамики мерзлотности процесса по меридиану через всю область распространения вечной мерзлоты, начиная от ее южной границы и кончая побережьем Северного Ледовитого океана. М. И. Сумгин установил два возможных основных меридиональных разреза[1] (рис. 1 и 2).

На рис. 1 изображен меридиональный разрез, на всем протяжении которого прослеживается наступление вечной мерзлоты, так как совершенно отсутствуют элементы деградации (разобщенность вечной мерзлоты с зимним промерзанием). На рис. 2 изображен меридиональный разрез через область деградирующей вечной мерзлоты, причем деградация, идя с юга на север, постепенно затухает, где-то в точке A совершенно пропадает и дальше на север переходит в наступление. Единственным признаком деградации в обоих случаях принята разобщенность вечной мерзлоты с зимним промерзанием.

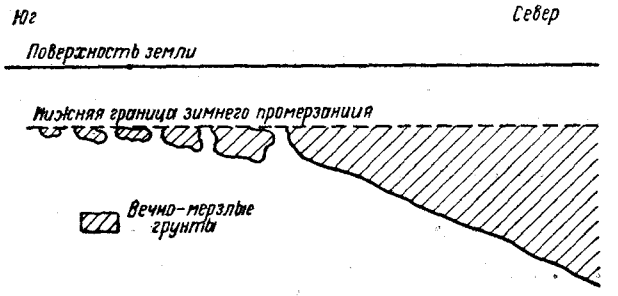


Рис. 1. Меридиональный разрез через область наступающей вечной мерзлоты.

На обоих рисунках показана характерная особенность изменения географического распространения вечной мерзлоты по меридиану. Так, если бы мы где-то с юга вошли в область распространения вечной мерзлоты и двигались на север, то мы в начале пересекли бы область спорадического распространения вечной мерзлоты, т. е. островную. При этом отдельные острова по мере продвижения на север как по количеству, так и по размерам все увеличивались бы и, наконец, уже сливаясь, образовали бы общий массив вечной мерзлоты, прорванный островами таликов, которые по мере продвижения на север так же пропадали бы, и, наконец, мы вошли бы в область сплошного распространения вечной мерзлоты.

Таким образом, прежде чем попасть в область сплошного распространения вечной мерзлоты, следуя с юга на север, мы должны пересечь зону взаимного

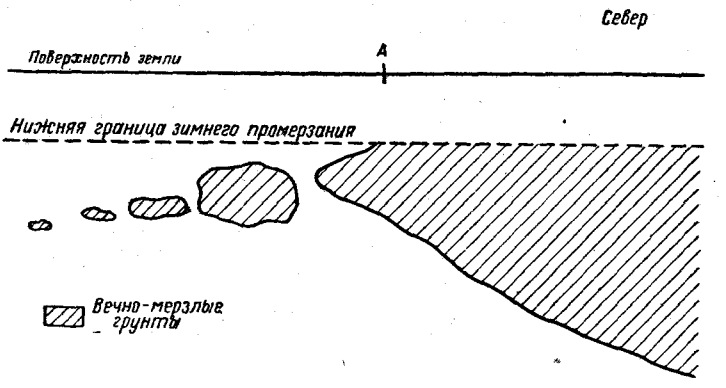


Рис. 2. Меридиональный разрез через область деградирующей вечной мерзлоты.

перехода области полного отсутствия вечной мерзлоты в область ее сплошного распространения, т. е. зону спорадического ее распространения.

В первом меридиональном разрезе зона взаимного перехода характерна островами наступающей вечной мерзлоты, которые в процессе своего развития должны слиться в один сплошной массив вечной мерзлоты, а зона взаимного перехода передвинется на юг.

Во втором разрезе мы имеем обратную картину — сплошной массив вечной мерзлоты, оттаивая, переходит в островную вечную мерзлоту, конечным развитием

[1] М. И. Сумгин. Вечная мерзлота. 2-е дополненное издание Акад. Наук СССР, 1934.

которой должно быть полное ее оттаивание. В этом случае зона взаимного перехода должна передвинуться к северу.

Если для сектора области распространения вечной мерзлоты, в котором находится интересующий нас район, имеется такой меридиональный разрез, то в первом случае мы можем сказать, что процесс деградации, если и встречается в районе, то имеет сугубо региональное значение и существенного влияния на строительство не окажет; во втором случае, ориентировав наш район на таком меридиональном разрезе, можем сказать, что вечная мерзлота находится в процессе деградации, если район ложится южнее точки A; стабильна—если район в окрестностях этой точки; и, наконец, наступает, если район—севернее точки A.

Изучение динамики мерзлотного процесса в такой постановке вопроса вынести за пределы чистой теории в полевую обстановку до настоящего времени не удавалось ввиду чрезвычайно большой трудоемкости этих работ, требующих больших средств, и только первые шаги в этом направлении были сделаны работниками Боркутской экспедиции Комитета вечной мерзлоты Академии Наук СССР (КОВМ), возглавляемой ученым секретарем комитета В. К. Яновским и под общим руководством заместителя председателя комитета проф. М. И. Сумгина.

Воркутская экспедиция собрала материал для такого меридионального разреза для европейской части области распространения вечной мерзлоты.

Как известно по карте распространения вечной мерзлоты, составленной и дополненной в 1935 г. М. И. Сумгиным в Европейской части Союза, наиболее западной точкой области распространения вечной мерзлоты является Устье-Мезени, если не считать отдельных островов вечной мерзлоты в торфяных буграх на Кольском полуострове. От Устья-Мезени южная граница распространения вечной мерзлоты идет на восток—юго-восток и уже у Уральского хребта отстоит на юг от побережья Баренцова моря на расстоянии примерно около 250—300 *км*.

Таким образом, вечная мерзлота в Европейской части Союза имеет распространение на треугольнике, вершинами которого служат устье Мезени, Воркута-Вом и Югорский Шар.

Наибольшее простирание в широтном направлении область распространения вечной мерзлоты в Европейской части Союза имеет у подножья Уральского хребта — порядка 250—300 *км*, где и были произведены исследования, т. е. в самой широкой ее части.

Экспедицией было сделано маршрутное исследование вечной мерзлоты в меридиональном направлении, начиная от южной границы ее распространения и на 100 *км* к северу. Этим маршрутом были связаны следующие три точки, следуя с юга на север: Воркута-Вом 67°02′10″ с. ш. и 63°38′14″ в. д. (от Гринвича), Рудник 67°30′24″ с. ш. и 64°0′46″ в. д. (от Гринвича) и Устье-Сырь-Яги порядка 62°42′ с. ш. и 64° в. д.

Если продолжить этот маршрут по меридиану на север к побережью Баренцова моря, то, наиболее северной его точкой является Амдерма, в районе которой в результате работ Главсевморпути, получена характеристика вечной мерзлоты.

Краткие климатические сведения по району исследования

Поскольку направление динамики мерзлотного процесса является функцией климата, то, рассматривая настоящий меридиональный разрез, мы должны увязать его с основными климатическими данными по этому разрезу.

К сожалению, полных климатических данных по этому району не имеется. В нашем распоряжении были только две станции, непосредственно расположенные в пределах этого меридионального разреза: первая на Воркута-Вом и вторая на Югорском Шаре. Таким образом, климатическая характеристика имеется только для двух крайних точек этого меридионального разреза, причем следует указать на то, что данные по этим станциям весьма скудны и далеко не дают полного представления о климате в данных пунктах.

Данные по станции Воркута-Вом имеются за очень короткий промежуток времени — за 1935 и 1936 гг. По Югорскому Шару период наблюдений значительно больше — с 1911 по 1929 г., но данные имеются только по температурам воздуха.

По станции Воркута-Вом нами приводятся данные среднемесячных осадков, температуры, скорости ветра и влажность воздуха в табл. 1.

Таблица 1

Метеорологические данные по станции Воркута-Вом

Месяцы	Среднемясячные осадки в *мм*	Среднемесячные температуры в °Ц	Средняя скорость ветра в *м/сек*	Средняя влажность
Январь	5,2	—20 3	5,0	78
Февраль	8,9	—17,2	4,5	83
Март	13,4	—14,2	6,0	76
Апрель	12,4	—10,1	6,0	75
Май	20,7	—2,2	6,5	84
Июнь	38,5	+7,4	5,5	75
Июль	44,0	+12,9	3,5	64
Август	59,7	+8,9	3,0	83
Сентябрь	74,8	+6,3	4 0	86
Октябрь	34,0	—3,4	5,0	86
Ноябрь	29,4	—7,3	7,0	89
Декабрь	14,6	—15,6	6,5	76
Годовая	355,6	—4,5	—	—

По Югорскому Шару данные по температурам воздуха приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Средняя месячная температура воздуха по станции Югорский Шар

Январь	—20,1	Июль	+6,1
Февраль	—19,3	Август	+6,0
Март	—17,8	Сентябрь	+2,7
Апрель	—12,3	Октябрь	—2,9
Май	—4,8	Ноябрь	—11,9
Июнь	+1,1	Декабрь	—16,4

Средняя годовая 7,5

Из приведенных данных по ст. Воркута-Вом следует, что климат района отличается довольно низкой средней годовой температурой. Кроме того в течение 8 месяцев в году имеют место отрицательные средние температуры воздуха. Эти данные уже говорят о возможности существования вечной мерзлоты в районе и являются несколько суровыми для южной границы распространения вечной мерзлоты, которая проходит в районе Воркута-Вом.

По Югорскому Шару средняя годовая температура значительно ниже, но распределение средних месячных температур по месяцам приблизительно аналогично Усть-Воркуте за исключением летних месяцев, для которых средняя температура значительно ниже, чем для тех же месяцев по Воркуте-Вом.

По Югорскому Шару имеются данные, как будет указано ниже, о наличии там наиболее мощной и полно развитой вечной мерзлоты. Поэтому различие мерзлотных условий Югорского Шара и Воркута-Вом едва ли можно объяснить *только одним фактором более низких средних годовых температур.*

К сожалению, кроме приведенных данных, для Югорского Шара других материалов не имеется.

По данным же Воркута-Вом видно, что наряду с относительно низкой средней годовой температурой мы имеем довольно большое количество зимних осадков, вследствие чего влияние низких средних температур смягчается мощным снеговым покровом. Поэтому снеговой покров в условиях исследованного района имеет весьма существенное влияние. Другим важным климатическим фактором

является сезонное распространение ветров. Если учесть, что наиболее сильные ветры приурочены к зимним месяцам, то характерной особенностью для данного района должна являться интенсивная миграция снегового покрова, что и наблюдается в действительности. Кроме этого в зимнее время года преобладают преимущественно юго-западные ветры, а летом наиболее холодные — северные.

В результате этого наряду с низкой средней годовой температурой имеют место резкие различия в мощности снегового покрова на отдельных элементах рельефа, вследствие миграции снега.

Весьма вероятно, что направление ветра сказывается в том отношении, что снеговой покров, сдуваемый с юго-западных склонов, меньше по мощности, вследствие чего склоны указаннной экспозиции отличаются более суровыми микроклиматическими условиями в зимнее время года; в летний же период эти склоны наиболее обогреваемы. Видимо, в исследованном районе действие этих двух факторов взаимно компенсируется, так как влияние экспозиции склонов почти совсем не сказывается на характере температурного режима грунтов.

Разведочными выработками, проведенными в течение 1936 г. Мерзлотной станцией, совершенно не отмечено влияние экспозиции склонов, в то время как по основной части территории области распространения вечной мерзлоты и даже вне этой области влияние экспозиции вполне закономерно и давно установлено.

Приведенные данные о климате для двух конечных точек меридионального разреза весьма скудны и не дают возможности произвести полный анализ.

Но помимо этого весьма существенно при разборе вопроса увязки динамики мерзлотного процесса с климатическими данными иметь хотя бы для двух промежуточных точек характеристику климата. Это тем более существенно, что приведенные две крайние точки меридионального разреза находятся в зоне деградации вечной мерзлоты, как это будет показано дальше. В то же время между ними имеется зона, где вечная мерзлота наступает, для этой зоны и желательно было бы иметь климатическую характеристику. Учитывая это обстоятельство, в дальнейших работах КОВМа по этому меридиональному разрезу следует заняться вопросом организации хотя бы кратковременных наблюдений в зоне наступления вечной мерзлоты.

Краткие естественно-исторические сведения по району исследования

Характер рельефа района исследованного меридионального разреза лучше всего может быть выражен словами Толмачева:[1] „Страну к востоку от Чернышевского кряжа к Уралу нельзя назвать равниной, но нельзя назвать и горной страной, хотя элементы горной страны прослеживаются повсюду".

На всем протяжении исследованного маршрута мягкие увальные формы чередуются с долинами и плоскими водораздельными пространствами.

Для иллюстрации колебания абсолютных отметок различных форм рельефа приведем следующие абсолютные отметки для некоторых наиболее характерных пунктов:

1. Воркута-Вом . . . . . 74,5 *м*
2. Высшая точка водораздела р. Воркута — р. Юньга . . . 200,0 „
3. Рудник . . . . . 112,0 „
4. Сырь-Яга . . . . . 125 „

Из приведенных данных видно, что абсолютные отметки колеблются в пределах 74—200 *м* и не превышают 200 *м*. Таким образом, максимальная разница в абсолютных отметках по маршруту исследования достигает 126.

Участки со слабо пересеченным рельефом ввиду затрудненности поверхностного стока представляют заболоченную тундру. И только косогоры и крутые склоны увалов относительно сухие и несколько отличаются по растительности от обычной тундры.

В геоботаническом отношении южная граница распространения вечной мерзлоты почти совпадает с северной границей зоны лесотундры; хотя последняя и про-

[1] Толмачев. Большеземельская тундра. Акад. Наук СССР, 1927.

никает значительно севернее Воркута-Вом, но приурочена в таких случаях только к долинам и главным образом к поймам рек.

В дальнейшем, в целях выяснения элементов динамики мерзлотного процесса, как это будет указано ниже, тундровая растительность нами будет разбита на следующие пять типов: 1) торфяно-моховая, 2) пятнистая, 3) кочковато-ерниковая, 4) ковровая и 5) осоковые болота.

Первый тип тундры отличается наличием торфяного горизонта от 10 *см* и больше. Из растительности для этого типа тундры характерно наличие мохового покрова (*Sfagnum*), — голубичник, богульник и угнетенная карликовая береза до 20—30 *см* высоты.

Для второго типа тундры наиболее характерной особенностью является присутствие „пятен медальенов", детально описанных Городковым.[1]

Третий тип тундры, как показывает само название, характерен большой распространенностью ерниковой кочки. Кустарниковая растительность в этом случае уже значительно богаче и по своим размерам достигает до 0,5—0,7 *м* высоты, а также уже помимо карликовой березы встречается и кустарник — ивняк.

Четвертый тип тундры характерен для сухих участков и представлен сухими зелеными мхами, лишайниками, брусничником, голубичником и богульником.

И, наконец, пятый тип представляет различных размеров и форм болотца часто с небольшими открытыми водоемами, поросшими осокой. Эти болотца встречаются на фоне одного из вышеуказанных типов тундры.

Кроме этого следует особо указать разновидность первого типа тундры — торфяные бугры, встречающиеся в большом количестве в районе южной границы распространения вечной мерзлоты, т. е. к северу от Воркута-Вом.

По ботаническим признакам эти бугры совершенно ничем не отличаются от первого типа тундры — торфяно-моховой, но существенно отличаются, как будет указано ниже, разности вечной мерзлоты, соответствующие этим буграм и первому типу тундры. Подробная характеристика отдельных разностей вечной мерзлоты и их связь с отдельными типами тундры будут рассмотрены дальше, а сейчас перейдем к беглой геологической характеристике района исследования Воркутской экспедиции.

Район от Воркута-Вом и до Сырь-Яги сложен верхнепалеозойскими дислоцированными угленосными отложениями, представленными песчаниками, плотными серыми глинистыми сланцами и конгломератами. Денудированная поверхность этой толщи снивелирована и прикрыта плащем четвертичных моренных отложений мощностью от нескольких метров до 100 *м* и более.

В вопросе генезиса четвертичных отложений для этого района существует мнение о наличии двух морен. Первая представлена серо-зелеными, пылевато-илистыми суглинками с большим содержанием гравия, гальки и валунов. Она непосредственно залегает на коренных породах и представляет основную толщу четвертичных отложений мощностью от нескольких метров до 100 *м* и более. Вторая морена залегает на первой, являясь поверхностным 2—3-метровым слоем, и представлена легкими сильно пылевато-илистыми суглинками палевого цвета с включениями, аналогичными первой морене. Межморенный горизонт прослеживается не повсеместно и представлен полуметровым слоем галечника и валунов, а местами теми же суглинками, но обогащенными галечником и валунами.

Эта точка зрения мало вероятна и вызывает целый ряд сомнений, в то время как мнение о существовании только одной морены прекрасно сочетается с фактами полевой обстановки.

В подтверждение приведем следующее: механический состав отложений этих „двух морен" почти совершенно аналогичен и включения крупных валунно-галечниковых фракций как по их размерам, так и по петрографическому составу также совершенно аналогичны. Поэтому мы считаем, что верхний плащ палевого суглинка является делювиально-элювиальными отложениями, цвет которых изменен процессами почвообразования. Наличие же межморенного галечникового горизонта

[1] Городков. Вечная мерзлота в Северном крае. Акад. Наук СССР, 1932.

объясняется процессом вымывания мелких фракций из верхнего слоя моренных отложений в результате процесса денудации, в силу чего и образуется остаточный элювиальный галечниковый горизонт.

Динамика вечной мерзлоты

В результате маршрутного исследования вечной мерзлоты от Воркута-Вом и до Сырь-Яги был прослежен характер изменения распространения вечной мерзлоты с юга на север, что схематически может быть изображено на продольном профиле (рис. 3). Как видно из этой схемы, в районе Воркута-Вом мы имеем спорадическую вечную мерзлоту, которая к северу на расстоянии 15—20 *км* от Воркута-Вом сливается в один общий массив, прорванный отдельными таликами. Далее к северу, в районе рудника, доля площадного распространения этих таликов достигает всего нескольких процентов, в то время как в районе Сырь-Яга талики встречаются только в долинах рек и иногда в глубоких полосах стока V-образной формы.

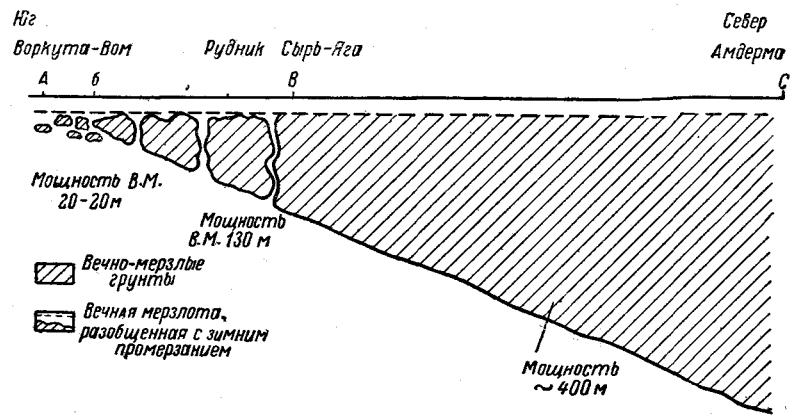


Рис. 3. Меридиональный разрез через область вечной мерзлоты по линии Воркута-Вом. Рудник—Сырь-Яга—Амдерма.

Таким образом, на протяжении этих 100 *км* имеется постепенный переход от островной вечной мерзлоты к сплошному ее массиву через зону взаимного перехода области отсутствия вечной мерзлоты в область сплошного ее распространения.

Вторым интересным моментом является мощность вечной мерзлоты и глубина ее залегания.

В районе Воркута-Вом мощность вечной мерзлоты была установлена еще в 1932 г. Писаревым Г. Ф. и Датским Н. Г.[1] Она подтверждена работами Воркутской экспедиции. Размер ее порядка 20—25 *м*.

В районе Рудника, где она была неоднократно пройдена буровыми скважинами на 130 *м* и, наконец, в районе Амдермы, судя по температурной кривой, полученной для этого района, мощность ее порядка 400 *м*.

Нарастание мощности вечной мерзлоты с юга на север схематично изображено на рис. 3, где отчетливо видно плавное увеличение мощности с юга на север от нескольких метров до 400 *м*.

Глубина залегания верхней поверхности вечной мерзлоты изменяется следующим образом.

В районе Воркута-Вом вечная мерзлота на основной площади своего распространения разобщена с зимним промерзанием, образует псевдоталики и залегает на глубине более 3—5 *м* и даже 10 *м*.

В районе Рудника на площади, составляющей примерно около 50% от общей площади этого района, вечная мерзлота залегает на глубине порядка 2—1 *м*, т. е.

[1] Г. Ф. Писарев и Н. Г. Датский. Вечная мерзлота и условия строительства в Усинской лесотундре Северного края. Акад. Наук СССР, 1934.

уже не разобщена с зимним промерзанием. На остальной площади вечная мерзлота разобщена с зимним промерзанием и часто образует псевдоталики, залегая на глубине 5—10 *м* и даже 20 *м* и больше.

В районе Сырь-Яга мощность деятельного слоя значительно уменьшается и обычно равна 1—0,5 *м*. По площади распространения вечная мерзлота, смерзающаяся с зимним промерзанием, уже занимает бóльшую часть площади района.

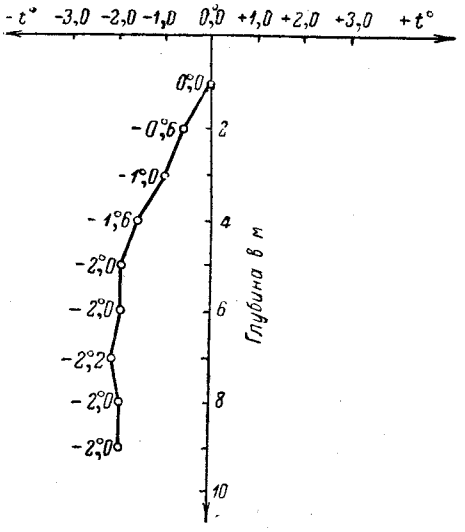


Рис. 4. Кривая измерения температур в скв. № 51.

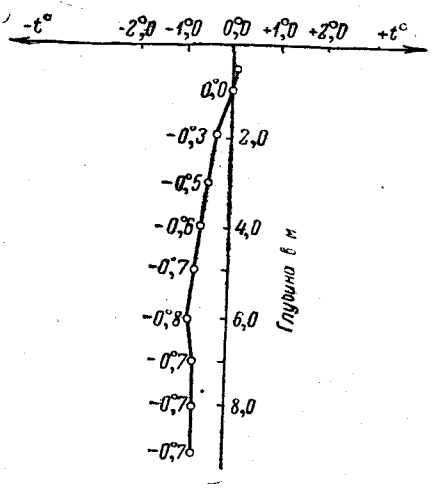


Рис. 6. Распределение температур в скв. № 63.

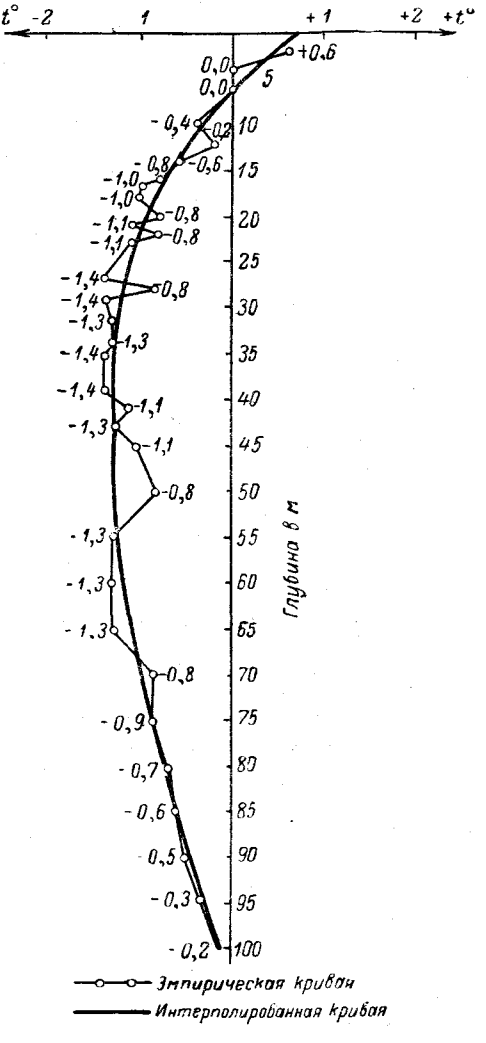


Рис. 5. Распределение температур в скв. № 60.

Аналогичную картину можно получить, если проследить степень распространения отдельных типов тундры, которые находятся в прямой зависимости от мощности деятельного слоя, а также и ее температурный режим.

Отмеченные выше пять типов тундры, соответствующие той или иной разности вечной мерзлоты (торфяно-моховая, пятнистая, кочковато-ерниковая, ковровая, осоковые болота), расположены здесь в порядке увеличения мощности деятельного слоя. Так, если для торфяно-моховой мощность деятельного слоя обычно равна от 0,2 до 0,6 *м*, то на пятнистой 1,2—2,2 *м*, кочковато-ерниковой 1,5—3

и даже до 5—7 *м*; на ковровой обычно больше 2 и часто больше 5—7 *м* и на осоковых болотах больше 8—10 *м* и иногда опускается до 20—30 *м*.

Особо следует отметить торфяные бугры, как уже указывалось, часто встречающиеся в районе исследования. Размеры и формы этих бугров весьма различны. Встречаются круглые, овальные и неправильной формы. В поперечнике эти бугры обычно достигают размеров от 10 до 20—25 *м*, а иногда до 50 *м* и больше. Высота бугров от 2 до 5—7 *м*. Характерной особенностью этих бугров является то, что они покрыты мощным торфяным покровом порядка 2—4 *м* и больше. Встречаются эти бугры обычно на осоковых болотах. Но по растительному покрову они являются типичными представителями торфяно-моховой тундры. Таким образом, две самые крайние разности вечной мерзлоты по мощности деятельного слоя обычно встречаются вместе.

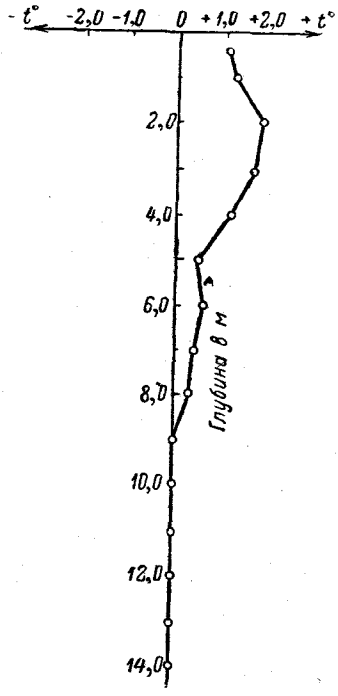


Рис. 7. Распределение температур в скв. № 35/7.

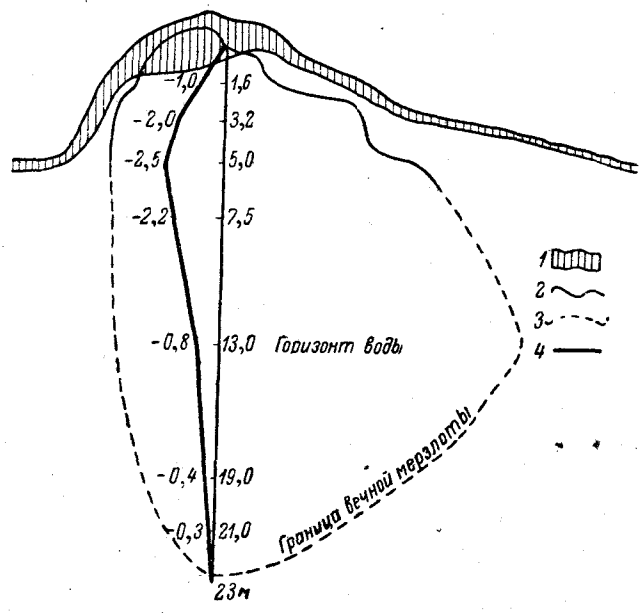


Рис. 8. Распределение температур в бугре и мерзлотный разрез по данным Датского.

1 — торф, *2* — зафиксированная граница вечной мерзлоты; *3* — то же, интерполированная; *4* — температурная кривая.

Это противоречие легко разрешается при анализе температурного режима для различных типов тундры, к чему мы и перейдем.

Вечная мерзлота, встречающаяся на первом типе тундры, характерна наиболее суровыми температурами порядка — 1,5°—2,0°. Для иллюстрации приводим температурную кривую (рис. 4). Суровость этой разности вечной мерзлоты станет очевидной при сравнении с температурным режимом прочих разностей.

Так на пятнистой тундре вечная мерзлота имеет температуры порядка —1,0°; 1,5°, кочковато-ерниковая и ковровая — 0,8°; 1,0° и осоковые болота — около нуля (рис. 5, 6, и 7).

Особняком стоит температурный режим торфяных бугров (рис. 8 и 8*а*).

Если в верхних горизонтах температура этой разности вечной мерзлоты близка к первой разности, встречающейся на торфяно-моховой тундре, то глубже температурный режим совершенно аналогичен последней пятой разности, встречающейся на осоковых болотах.

При дальнейшем рассмотрении динамики мерзлотного процесса этому явлению будет дано объяснение.

Если проследить теперь долю участия в площадном распространении отдельных типов тундры, а следовательно и разностей вечной мерзлоты, то получим следующую картину (рис. 9). Из приведенной диаграммы видно, что для Воркута-

Вом, т. е. района, непосредственно прилегающего к южной границе распространения вечной мерзлоты, наибольшее распространение имеет вечная мерзлота, встречающаяся на торфяных буграх, на кочковато-ерниковой тундре и на осоковых болотах.

Доля участия пятнистой и торфяно-моховой тундры чрезвычайно невелика. Затем по мере продвижения на север торфяные бугры встречаются реже и около Сырь-Яги почти совершенно пропадают. В то же время постепенно увеличивается распространение пятнистой тундры за счет осоковых болот и кочковато-ерниковой тундры, т. е. с продвижением на север суровость температурного режима вечной мерзлоты увеличивается, и за Сырь-Ягой тип вечной мерзлоты, обладающий наиболее суровым температурным режимом, начинает преобладать над прочими разностями, и на севере за Сырь-Ягой в районе Амдермы имеется полное господство торфяно-моховой тундры с небольшими участками распространения пятнистой.

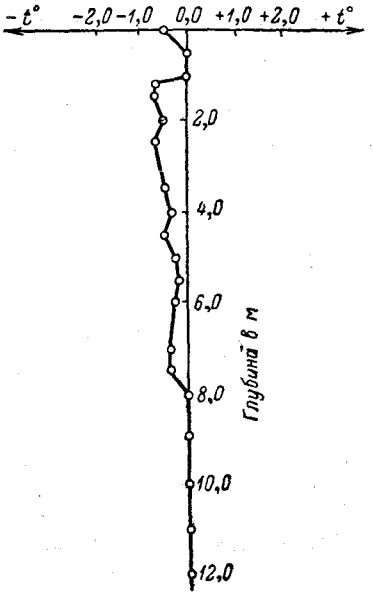


Рис. 8а. Распределение температур в шурфе № 31.

Уже этот материал дает картину постепенного нарастания суровости вечной мерзлоты с юга на север, идущее в унисон с нарастанием мощности вечной мерзлоты.

Та же картина получится, если дать типичные температурные кривые для различных пунктов по меридиональному разрезу.

Для Воркута-Вом наиболее типичной температурной кривой, принимая во внимание, что наибольшее распространение имеют торфяные бугры, будет кривая, приведенная на рис. 8. В районе Рудника наибольшее распространение имеют пятнистая и кочковато-ерниковая тундры, поэтому для этого района будет характерна кривая, приведенная на рис. 5 и 6. Кривая, изображенная на рис. 5, получена в скважине, где был встречен подмерзлотный водоносный горизонт на глубине 136 *м*, причем уровень воды установился на глубине 97 *м*, до каковой и была замерена температура электротермометром с точностью до 0,05. Нижняя граница вечной мерзлоты в этой же скважине была отмечена на глубине 132 *м*.

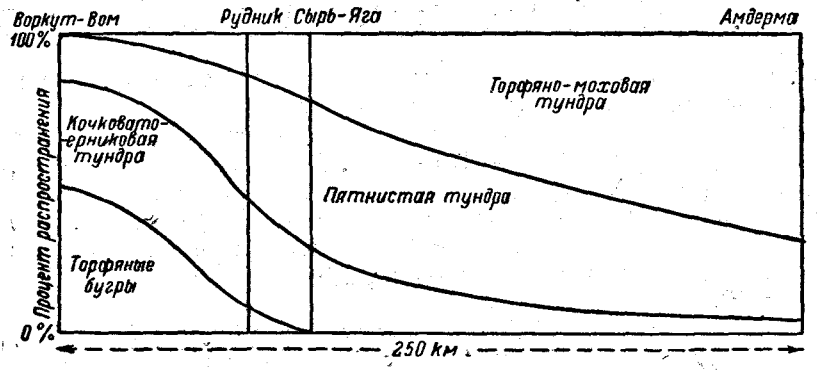


Рис. 9. Диаграмма распространения типов тундры по меридиональному разрезу.

Таким образом, нижнюю часть температурной кривой с глубины 60—70 *м* следует откинуть и во внимание не принимать, так как вода в скважине могла изменить температурный режим на несколько метров выше ее установившегося уровня. Но в то же время вода в скважине, пройденной в вечно мерзлых породах на участке от 97 до 132 *м*, не замерзла в течение 2—3 недель, и только

после указанного срока образовалась ледяная пробка в скважине на этом участке. Это обстоятельство говорит за то, что температурный потенциал на этой глубине весьма незначителен и близок к нулю. Попутно следует отметить то обстоятельство, что мощность четвертичных отложений по колонке скважины достигает 56 *м*, следовательно от глубины 56 *м* и до 132 *м* коренные породы, подстилающие четвертичные отложения и представленные дислоцированными метаморфическими верхнепермскими песчаниками и глинистыми сланцами, находятся в мерзлом состоянии и представляют один сплошной смерзшийся массив с четвертичными отложениями. Это обстоятельство указывает лишний раз на то, что вечная мерзлота образовалась не только после пермского периода, но также и после отложения этих моренных суглинков.

В районе Сырь-Яги уже получается несколько иная кривая (рис. 10). В этом районе

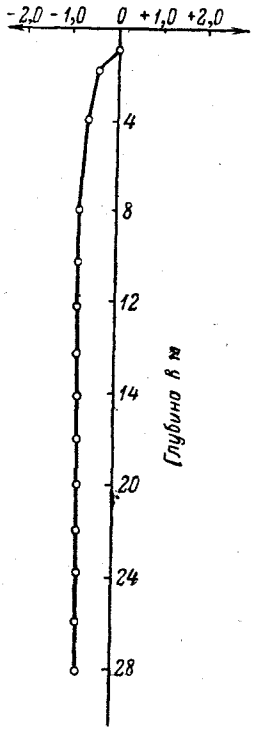


Рис. 10. Распределение температур в скв. № 3с.

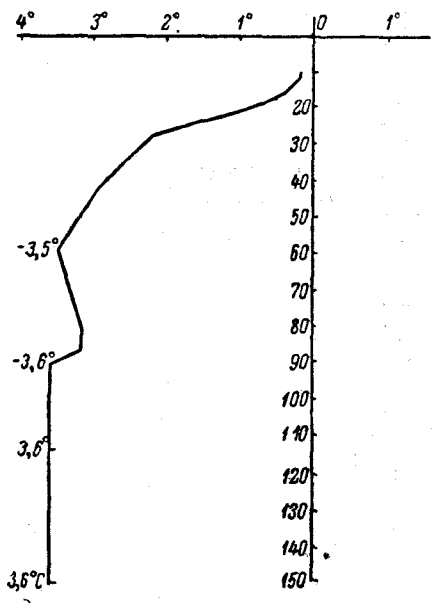


Рис. 11. Температурная кривая по руднику Амдерма.

уже значительное распространение имеет торфяно-моховая тундра и явно преобладает над всем пятнистая.

И, наконец, на Амдерме температурная кривая, полученная работниками Главсевморпути, резко отличается от всех предыдущих (рис. 11).

По приведенным всем этим кривым видно постепенное нарастание потенциала холода с юга на север. Так, если для Воркута-Вом температура вечной мерзлоты близка к нулю, то в районе Рудника и Сырь-Яги она достигает уже —1,5, а на Амдерме —3,5°; —4,0°.

Кроме этого характер температурных кривых дает возможность установить и динамику вечной мерзлоты для этих пунктов, к чему мы и перейдем.

Толкование температурной кривой, характерной для торфяных бугров, а следовательно района Воркута-Вом, уже было дано еще в 1933 г. Н. Г. Датским.[1]

Датский, анализируя температурную кривую для торфяных бугров, принимает глубину залегания нулевой годовой амплитуды колебания температур за 4 *м* вместо

[1] Н. Г. Датский и Г. Ф. Писарев. Вечная мерзлота и условия строительства в Усинской лесотундре Северного края. Акад. Наук СССР, 1934.

обычных 13—15 *м*. Он мотивирует это отступление незначительной теплопроводностью торфа и его большой мощностью в буграх. Получив таким образом температурную кривую, лежащую глубже нулевой годовой амплитуды колебания температур, Датский, естественно, на основании теории деградации М. И. Сумгина[1] толковал эту кривую как кривую, характерную для деградирующей вечной мерзлоты. Но эти 4 *м* взяты им по интуиции и совершенно ничем не обоснованы. Больше того, если даже принять доводы Датского о теплопроводности торфа, и то мало вероятно, что глубина залегания нулевой годовой температуры колебания температур так резко сократится с 15 до 4 *м*.

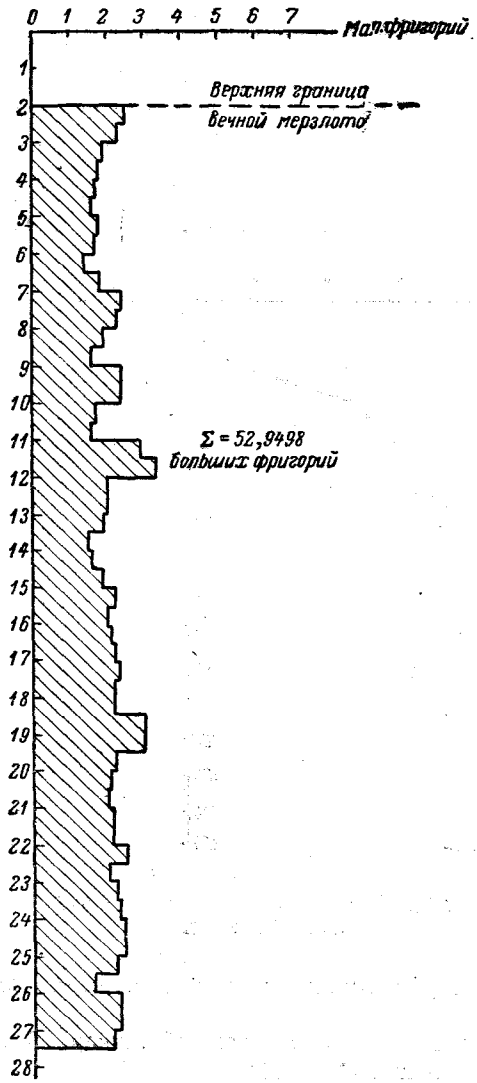


Рис. 12 Диаграмма распределения запаса холода в шурфе № 22.

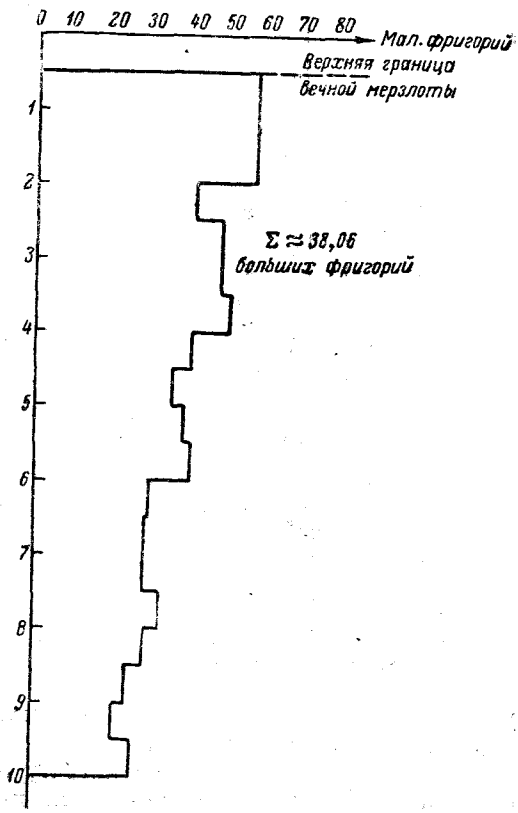


Рис. 13. Диаграмма распределения запаса холода в шурфе № 31.

Если же принять эту глубину не за 4, а за 6 *м*, то уже получатся обратные результаты, т. е. получим кривую, характерную для наступающей вечной мерзлоты.

В действительности же дело обстоит следующим образом. Мощный торфяной покров безусловно создает условия, благоприятствующие наступлению вечной мерзлоты. Но как показывает разрез этого бугра (рис. 8), он совершенно обособлен от общего массива вечной мерзлоты и находится в окружении талого грунта. Температура этого мерзлого ядра на глубине больше 8 — 10 *м* равна нулю, следовательно

[1] М. И. Сумгин. Вечная мерзлота. 2-е дополнение издание Акад. Наук СССР, 1934.

в этом случае имеет место следующий процесс. С поверхности в силу большой мощности торфяного покрова вечная мерзлота наступает, но это наступление с глубиной затухает и уже на глубине нулевой температуры переходит в деградацию, т. е. мы и имеем в одном бугре два противоположных процесса: сверху — наступление, снизу — деградацию. Причем наступление прослеживается максимум на глубине 4—5 *м*, а ниже имеется крайняя степень деградации — нулевая температурная кривая.

Такое равновесие объясняется большим запасом холода в этих буграх, при условии исключения которого деградация безусловно быстро ликвидировала бы этот бугор.

Для сравнения приведем пример обычного запаса холода для грунтов в этом районе и для бугров (рис. 12 и 13).

Этот фактор и является причиной долговечности этих бугров в виде останцев вечной мерзлоты. Поэтому толкование Датского о том, что температурная кривая для бугров характерна для деградирующей вечной мерзлоты правильно в своем конечном выводе, но ход доказательства его совершенно неверен. Вечная мерзлота в буграх находится в основном своем массиве в последней стадии деградации и своим существованием обязана лишь большему запасу холода, но в верхнем своем горизонте она наступает в силу малой теплопроводности торфа летом и большой — зимой. Но это наступление значительно слабее деградации, так как мы можем наблюдать торжество последней в виде полного оттаивания этих бугров и образования на их месте осоковых болот.

Таким образом, мы считаем бесспорным то, что вечная мерзлота в районе Воркута-Вом находится в последней крайней степени деградации в виде торфяных бугров.

В районе Рудника, как уже указывалось, характерна температурная кривая, полученная на пятнистой тундре (рис. 5). Здесь мы имеем типичную деградационную кривую с глубины 15 *м*. Из этой кривой видно, что температурный градиент равен — 0,02, т. е. весьма незначительный, но все же отрицательный. Следовательно, в районе Рудника основной массив вечной мерзлоты деградируется, но темпы этой деградации весьма незначительны и, если сравнить с температурной кривой для района Воркута-Вом, то здесь мы имеем значительное затухание процесса деградации.

В районе же Сырь-Яги мы имеем уже совершенно вертикальную кривую (рис. 10), аналогичную кривой для бугров, но с более высоким потенциалом холода. Температура вечной мерзлоты на Сырь-Яге того же порядка, что и для рудника, но кривая температур выпрямляется, а тем самым пропадают и последние признаки деградации вечной мерзлоты.

Таким образом, если у Воркута-Вом имеется крайняя степень деградации вечной мерзлоты, то на Руднике темпы деградации в значительной степени затухают, а в районе Сырь-Яги они уже совершенно пропадают и вечная мерзлота находится в стабильном состоянии.

Если же продолжить эти данные дальше на север до Амдермы, то там имеем уже приведенную выше температурную кривую (рис. 11).

Имея картину изменения динамики мерзлотного процесса на линии Воркута-Вом — Рудник — Сырь-Яга и распространяя полученную закономерность в затухании процесса деградации с юга дальше на север, мы должны были ожидать в Амдерме типичную температурную кривую для наступающей вечной мерзлоты. На самом же деле данные Главсевморпути дают приведенную здесь кривую (рис. 11) температур в этом пункте. Эта кривая является типичной кривой деградирующей вечной мерзлоты, причем темпы деградации здесь весьма значительны.

При сопоставлении данных по Амдерме с данными маршрутного исследования Веркутской экспедиции невольно возникает сомнение в правильности данных по Амдерме, поскольку это наблюдение является единичным и не проверялось параллельными наблюдениями, каковым методом пользовалась Воркутская экспедиция.

Если же окажется, что эти данные вполне соответствуют действительности, то можно притти к заключению, что процесс деградации вечной мерзлоты в Европей-

ской части Союза идет, как с юга, так и с севера, т. е. близость моря оказывает существенное влияние на динамику мерзлотного процесса и именно в сторону деградации вечной мерзлоты.

Данные же Сырь-Яги говорят о том, что где-то севернее этого пункта находится область, куда процесс деградации еще не дошел и вечная мерзлота там еще находится в стабильном состоянии, а возможно, даже и наступает.

Таким образом, для полного меридионального разреза картина изменения мерзлотного процесса показана на рис. 14. Из этой схематической диаграммы видно, что кривая изменения мерзлотного процесса на юге значительно круче, чем на севере. На протяжении около 100 *км* Воркута-Вом — Сырь-Яга имеется резкий переход от крайней степени деградации до стабильного состояния вечной мерзлоты, в то время как на севере в точке, подверженной наибольшему воздействию северного моря, в Амдерме, хотя и имеются большие темпы деградации, но все же потенциал холода еще весьма высок ($-3, -4$), а следовательно кривая изменения мерзлотного процесса будет более пологой, чем на юге.

Интересно еще отметить тот факт, что на юге северная граница деградации (Сырь-Яга) совпадает с южной границей распространения сплошного массива вечной мерзлоты.

Это обстоятельство говорит за то, что зона взаимного перехода области отсутствия вечной мерзлоты в область сплошного ее распространения на европейском севере является следствием процесса деградации и передвигается с юга на север.

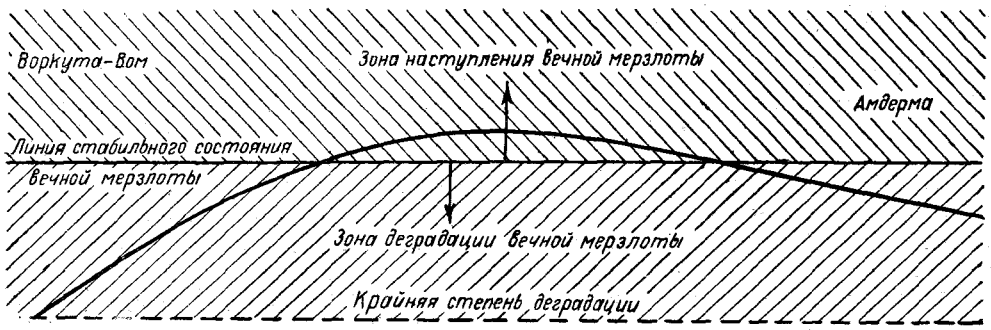


Рис. 14. Диаграмма-схема изменения динамики мерзлотного процесса.

Отсюда можно сделать вывод, что южная граница распространения вечной мерзлоты была значительно южнее и что следы последней могут быть найдены в настоящее время в виде еще не установившихся температурных кривых для районов, расположенных южнее настоящей южной границы вечной мерзлоты. Для этих районов можно получить температурные кривые, гармонирующие с современным климатом. Но если процесс изменения климата еще продолжается или если температурная кривая еще не приняла для этих районов своего нормального положения, то мы должны будем наблюдать различную степень гармонизации температурного режима верхней толщи земли с современным климатом. Под степенью гармонизации в этом случае мы имеем в виду явление, аналогичное темпам деградации, т. е. величину температурного градиента, с той лишь разницей, что для деградации этот градиент будет иметь отрицательный знак, а для гармонизации — положительный.

Но не исключена возможность получения для районов, расположенных южнее южной границы распространения вечной мерзлоты, и деградационных температурных кривых. Это обстоятельство весьма вероятно и говорило бы за то, что в области распространения вечной мерзлоты в настоящее время процесс деградации идет с возрастающими темпами с юга.

Резюмируя все сказанное, можно сделать следующие выводы.

Полученный меридиональный разрез по площадному распространению дает полную картину строения области распространения вечной мерзлоты, начиная от южной

границы ее распространения и до наиболее северной ее точки (рис. 3). До точки A — область отсутствия вечной мерзлоты, от точки A до B — зона взаимного перехода области отсутствия вечной мерзлоты в область ее распространения, причем последняя подразделяется от A до $б$ — область спорадического распространения вечной мерзлоты, и от $б$ до B — область спорадического распространения таликов, и, наконец, от B до C — область сплошного ее распространения.

Характер распространения различных разностей вечной мерзлоты по меридиану показывает постепенное увеличение суровости и устойчивости вечной мерзлоты с юга на север.

Мощность вечной мерзлоты также дает постепенное нарастание в этом направлении.

Потенциал холода повышается от 0 до 4°.

И, наконец, признаки деградации, явно выраженные у южной границы, постепенно затухают у Сырь-Яги и видимо, за этим пунктом должны перейти в наступление.

Следовательно, мы имеем типичный меридиональный разрез через область деградирующей вечной мерзлоты. Но этот разрез несколько отличается от предложенного М. И. Сумгиным.

В нашем случае, если принять данные по Амдерме, деградация идет в двух направлениях и с юга, и с севера.

Следовательно, районы, расположенные южнее Сырь-Яги, безусловно находятся в зоне деградации вечной мерзлоты, поэтому при хозяйственном освоении этих районов следует исходить из принципа уничтожения вечной мерзлоты. Но эта общая принципиальная установка должна корректироваться в каждом отдельном случае в зависимости от чисто региональной характеристики вечной мерзлоты и специфичности того или иного сооружения.

Кроме этого следует указать, что в полученном меридиональном разрезе есть еще неясные места, которые следует уточнить.

В число задач на ближайшее время следует отнести исследование района, лежащего севернее Сырь-Яги, с целью обнаружения там наступающей вечной мерзлоты.

Затем следует проверить результаты работ по исследованию вечной мерзлоты в районе Амдермы.

Но помимо этого, получив чисто качественную сторону динамики мерзлотного процесса по данному меридиональному разрезу, следует поставить вопрос о выяснении количественной стороны этого процесса.

Разрешить этот весьма важный вопрос можно было бы путем постановки следующих работ.

В той части меридионального разреза,где прослеживается деградация вечной мерзлоты, следует получить в таликах температурные кривые, гармонирующие с современным климатом, и тем самым установить величину отклонения температурного режима вечной мерзлоты в настоящее время от того, который соответствует современному климату.

Кроме этого следует, что уже указывалось выше, произвести исследование районов, расположенных южнее южной границы распространения вечной мерзлоты, с тем, чтобы установить южную границу процесса изменения температурного режима верхней толщи земной коры и тем самым решить вопрос о том, усиливается ли процесс деградации вечной мерзлоты со временем или затухает.

Вот тот круг вопросов, разрешив которые, мы бы имели полное представление о динамике мерзлотного процесса в европейском севере как с качественной, так и с количественной стороны.

SUMMARV

The author of the given work on the basis of his own study of the frozen ground in the district of Vorkutski mine and on the generalization of the literary materials treating this question gives a general understanding of development of a frozen ground process for the whole European North. It was stated by him, that degradation process of the frozen ground, which is clearly expressed in the South part of the

place of its development, decreases gradually in the northern direction, and then comes over to the inversely process — advancing.

Beside this, here is given an analysis of possibility of development of the process of degradation of frozen ground from the site of the Nort frozen Ocean, i. e. in the North-South direction. The author on the basis of concrete exemples gives the understanding of microdynamic of frozen ground stating by this the character of the local changes of dynamic of frozen ground process from such exterior factors as elements of geomorphology, hydrogeology, geobotany etc. All these questions are discussed by the author in the aspect of the practical using them for the economical development of the given region.