

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Г. К. ГАБРИЕЛЯН

К ВОПРОСУ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ
В АРМЯНСКОЙ ССР

Вопрос вечной мерзлоты в высокогорных районах Армянской ССР доныне относится к числу неизученных. Два небольших сообщения Х. П. Мириманяна [2, 3] по этому вопросу являются, по существу, единственными. Очевидно, на основании этого М. И. Сумгин [4] на своей карте распространения вечной мерзлоты на территории СССР выделил в пределах Армянской ССР небольшой остров вечномерзлых грунтов.

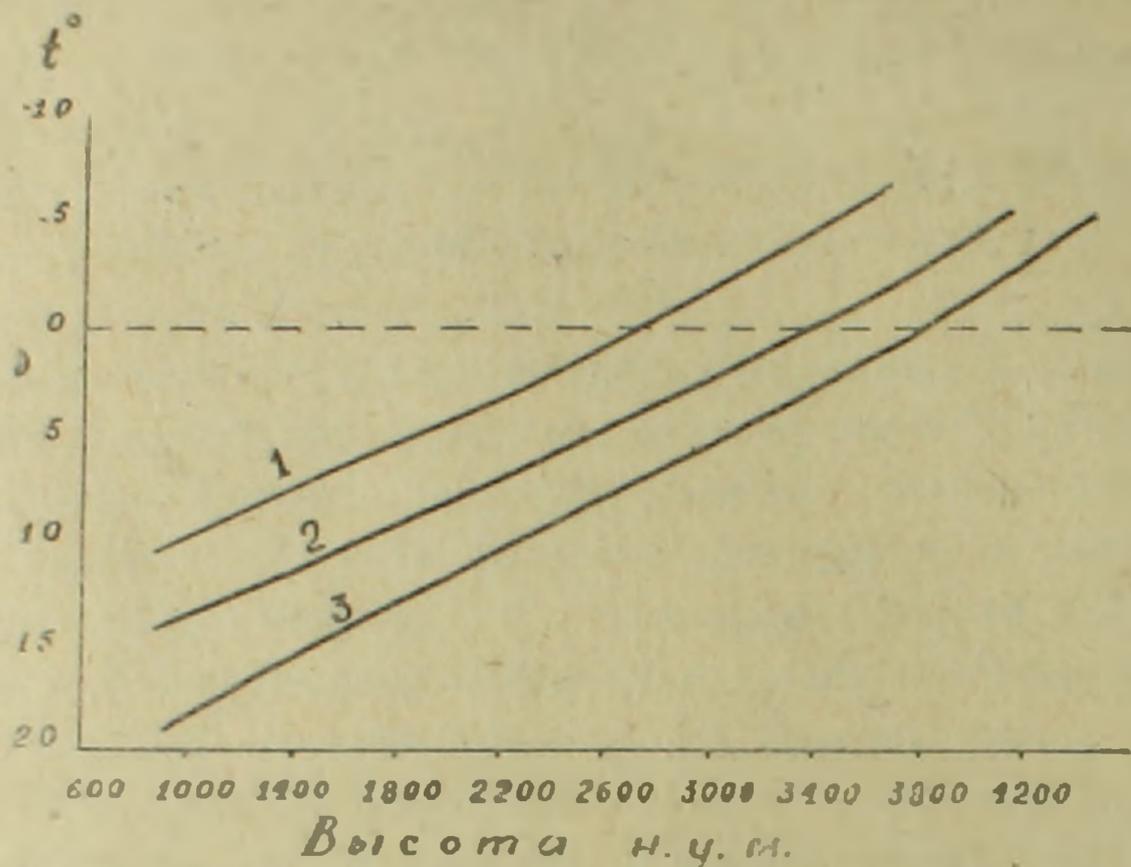
Согласно сообщениям Х. П. Мириманяна в пределах Гегамского вулканического массива на высоте 3000 м над уровнем моря на северном склоне г. Севкар имеется вечная мерзлота, верхняя поверхность которой в начале июня находится на глубине 81 см к концу августа, в начале сентября—98 см. Согласно его наблюдениям имеет место быстрое падение температуры вглубь почвенного разреза так, что на глубине 40—50 см мерзлота уже дает о себе знать.

Учитывая факт существования вечной мерзлоты на высоте 3000 м, можно было полагать, что выше указанной высоты в горах вечная мерзлота должна иметь если не сплошное, то во всяком случае более широкое распространение. Однако наши наблюдения за последние годы дают основание сделать заключение о том, что вечная мерзлота в Армянской ССР имеет весьма небольшое распространение и что обнаруженная Х. П. Мириманяном мерзлота на высоте 3000 м отнюдь не характерное явление, связанное с орографическими и морфологическими особенностями местности.

Наблюдения над термическим режимом почвы и чингилей (каменников) нами проведены в высокогорных вулканических массивах, находящихся в разных физико-географических условиях. При наблюдениях особое внимание было уделено термическому режиму почвы и грунтов северных склонов, где наиболее вероятна вечная мерзлота.

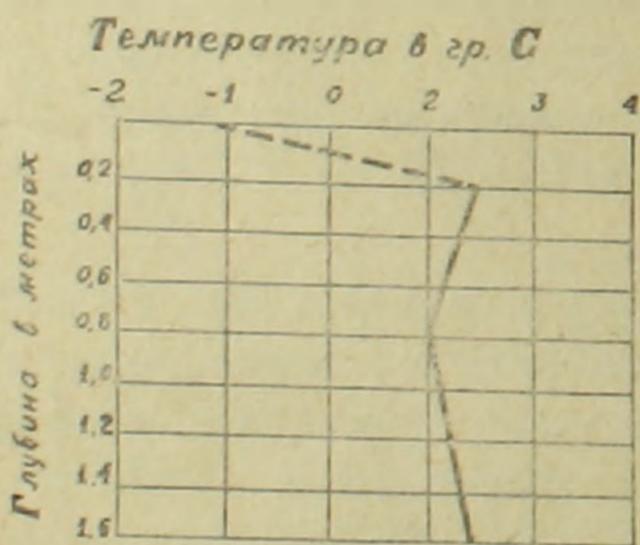
Изучая температуру воздуха и почвы на различных высотах в вертикальной зональности на массиве Арагаца, нами отмечено, что с Араратской равнины (высота 900 м) до высокогорной метеорологической станции «Арагац» (высота примерно 3230 м) среднегодовая температура воздуха падает на $0,6^\circ$ через каждые 100 м и отрицательной становится выше 2800 м. Кривая среднегодовой температуры почвы на глубине 1,6 м представляет ту же картину, однако она на 3—4 градуса выше температуры

воздуха и отрицательной становится выше 3400—3500 м (фиг. 1). Как известно, отрицательная среднегодовая температура почвы еще не является признаком образования вечной мерзлоты. Интенсивный прогрев почвы летом может внести коренные изменения в температурный режим: весь слой мерзлого грунта за этот период может оттаять, в то время как среднегодовая температура может остаться отрицательной.



Фиг. 1. График среднегодовой температуры по южному склону Арагаца. 1. Среднегодовая температура воздуха. 2. Среднегодовая температура почвы на глубине 1,6 м. 3. Абсолютная максимальная температура на глубине 1,6 м.

Наблюдения над температурой в почвенном разрезе на высоте 3200 м показывают, что среднегодовая температура до глубины 80 см постепенно падает, а в более глубоких слоях повышается (фиг. 2). Наинизшая температура ($0,5^{\circ}$) отмечается на глубине 80 см. Такая картина температуры почвы исключает возможность образования вечной мерзлоты на высоте 3200 м и даже намного выше.

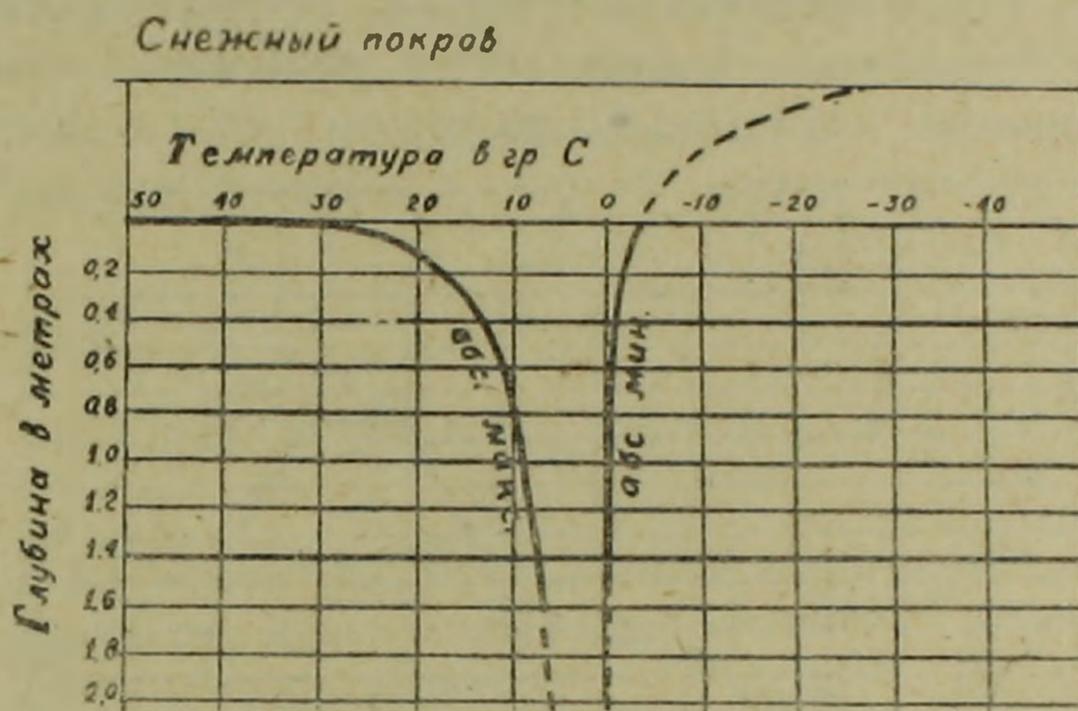


Фиг. 2. График среднегодовой температуры почвы на метстанции «Арагац».

Как известно, вечная мерзлота образуется там, где абсолютная максимальная температура за год ниже 0° . Из фиг. 1 видно, что кривая абсолютного максимума на глубине 1,6 м становится отрицательной выше 3700—3800 м, и вечная мерзлота теоретически возможна лишь выше этой отметки. По данным наблюдений метстанции «Арагац» на глубине 1,6 м максимальная температура в иные годы превышает 6° , число дней с температурой ниже 0° составляет всего лишь 140—150. Следовательно, на вы-

соте 3200—3400 м в почве не может быть и речи о вечной мерзлоте. Наши наблюдения показывают, что в образовании вечной мерзлоты высота над уровнем моря имеет громадное значение, однако она не является решающей. Наличие вечной мерзлоты обуславливается комплексом факторов: мощностью снежного покрова, оголенностью коренных пород, экспозицией склонов, увлажнением грунтов, морфологией рельефа и др. Поэтому островная вечная мерзлота, как констатирует Х. П. Мириманян, появляется на высотах 3400—3600 м, иногда — 3000 м.

Высокогорные массивы Армянской ССР зимою покрываются мощным снежным покровом, достигающим 100—150 см и больше [1, 5], который защищает грунты от сильного промерзания. Зимняя волна холода не может проникать вглубь, т. к. вертикальные градиенты температуры почвы ничтожны. Между тем летняя волна тепла быстро проникает, благодаря большим температурным градиентам. Для наглядности возьмем данные абсолютных температур почвы метстанции «Арагац» за 1954 г. Как показывает график (фиг. 3), абсолютный максимум температуры



Фиг. 3. График абсолютных температур почвы за 1954 г. на метстанции «Арагац».

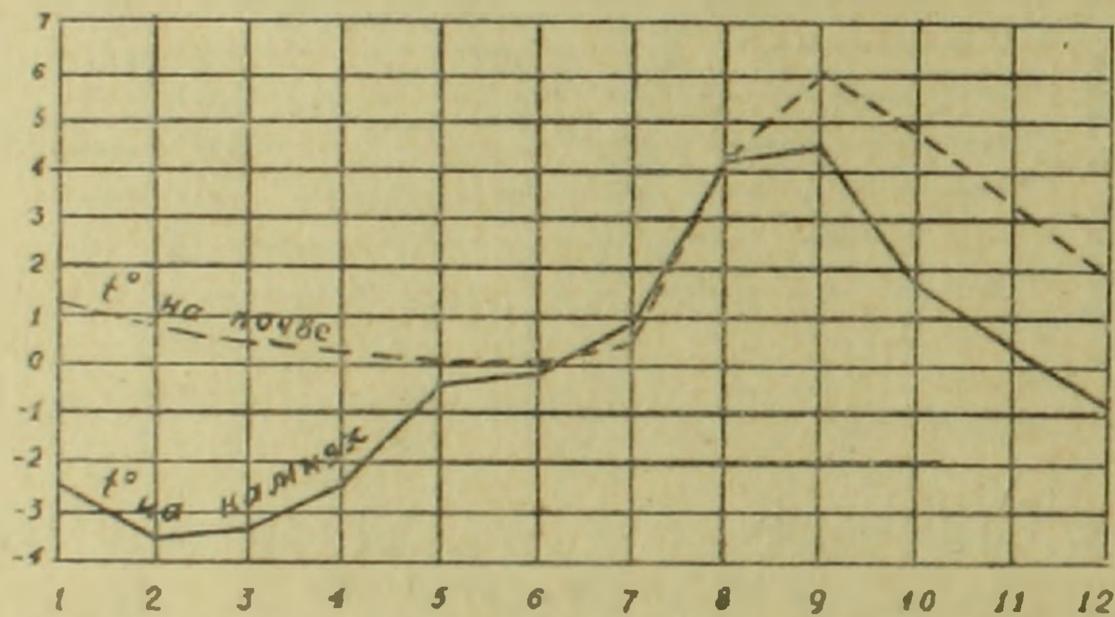
описывает резко выраженную кривую с большим вертикальным градиентом. Разница температур с поверхности до глубины 1,6 м составляет 42,9°. Кривая абсолютного минимума в самой почве имеет почти прямолинейную форму и разница температур до глубины 1,6 м составляет всего лишь 3,4°. Здесь большой градиент наблюдается не в самой почве, а в толще снежного покрова. Таким образом, зимняя волна холода может проникать вглубь там, где нет снежного покрова, где склоны оголены. Ничтожное развитие вечной мерзлоты в высокогорных районах Армянской ССР прежде всего следует объяснить наличием зимою мощного снежного покрова.

В термическом режиме грунтов большое значение имеет экспозиция склонов. Нижеприведенная таблица дает яркую картину разницы температур северной и южной экспозиции. Измерения произведены на Арагаце в августе 1954 г.

Экспозиция	Высота н. у. м., м	Темп. възд., в гр.	Температура почвы на глубине, см									
			0	5	10	14	20	25	30	40		
Северн.	3750	7,0	12,7	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—	—	глубже выступали коренные породы
Южн.	3700	12,0	22,5	16,5	13,0	9,5	8,5	7,5	6,0	6,5		

Как показывает таблица, на северном склоне, начиная с глубины 10 см, грунт мерзлый, между тем, на южном склоне до глубины 30 см температура понижается, достигая 6 градусов, затем повышается и исключается образование вечной мерзлоты.

Характер и увлажнение грунтов имеет большое значение в термическом режиме. Там, где образован почвенно-растительный покров, тепловая волна проникает вглубь посредством теплопроводности, однако, там, где поверхность земли представлена голыми чингилами, помимо теплопроводности проникновению способствует турбулентный теплообмен. Наблюдения показывают, что термический режим почвы и каменных россыпей отличается друг от друга. Из фиг. 4 явствует, что среднемесячная



Фиг. 4. График среднемесячной температуры на глубине 1,6 м за 1954–55 гг. на метстанции „Арагац“

температура почвы на глубине 1,6 м всегда выше температуры камней. В почве она не опускается ниже нуля в течение всего года. В камнях же среднемесячная температура шести месяцев не поднимается выше нуля, опускаясь до $-3,5^{\circ}$. Это объясняется тем, что с поверхности каменных россыпей холодный, тяжелый воздух по широким трещинам и щелям оvoidно спускается вниз. Летом теплый воздух, будучи легким, не проникает вниз. Поэтому в камнях в течение всего года гораздо холоднее, чем в почве. В высокогорных районах нами в очень многих местах констатирован подчингиловый лед даже к концу лета. В камнях в апреле месяце, как показывает график (фиг. 4), происходит быстрое поднятие температуры, но в мае и июне она остается почти постоянной— 0° . Здесь вся тепловая энергия, поступающая сверху, расходуется на тая-

ние льда (скрытая теплота таяния). В почве на глубине 1,6 м этого явления нет, т. к. на такой глубине грунт не замерзает зимой. Оно наблюдается в более верхних слоях — до 80—90 см, где происходит сезонное промерзание.

На ровных участках, покрытых почвенно-растительным покровом, независимо от высоты, по нашему убеждению, нет вечной мерзлоты, благодаря сильному увлажнению почвы. Когда в почве имеется влага больше оптимума, благоприятствующего теплопроводности, то в зимние месяцы выделяется колоссальное количество скрытой теплоты замерзания, создавая сильную нулевую завесу, задерживающую проникновение зимней волны холода. Последняя оказывается не сильной, т. к. на ровных участках наблюдается мощный снежный покров. Летом огромное количество тепловой энергии затрачивается на оттаивание льда. Проникновению летней волны тепла препятствует та же самая нулевая завеса. Нижеприведенная таблица служит ярким примером вышесказанного. Измерения температуры произведены 23 июля 1954 г. в 16 часов на высоте 3300 м у подошвы Аждаака на сильно увлажненном участке.

	Воздух	Глубина почвы, см										Примечание
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	
Температура в градусах	7,5	12,0	12,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	1,0	1,5	Глубже коренные породы

Из таблицы видно, что до глубины 15 см температура сильно падает, слой, толщиной в 10 см, имеет температуру, равную 0°, глубже она опять повышается, причем слой с температурой в 0° является полумерзлым, легко разламывается киркой, быстро превращается в жижу. Этот слой является сезонномерзлым грунтом. Снег на такой высоте сходит в мае, значит в течение месяца оттаивает слой, толщиной 15 см. При повторном измерении температуры к концу июля мерзлого слоя уже не было. После исчезновения сезонной мерзлоты происходит быстрый теплообмен. Таким образом, зимняя волна холода проникает всего лишь на 25 см, а летняя — до подстилающих коренных пород.

Форма рельефа, крутизна склонов способствуют накоплению снега и создают условия различного термического режима грунтов. На водоразделах и крутых склонах снег сдувается и часто выступают голые скалы. На таких участках зимняя волна холода проникает глубоко, вызывая замерзание влаги, что создает интенсивное морозное выветривание коренных пород. На таких участках наблюдается островная вечная мерзлота.

В высокогорных районах Армянской ССР вечномерзлые грунты можно разделить на два типа: 1) подкромковая вечная мерзлота; 2) островная вечная мерзлота.

Подкромковой мы называем ту мерзлоту, которая окаймляет снежники и тянется лентой под самой кромкой снега независимо от высоты

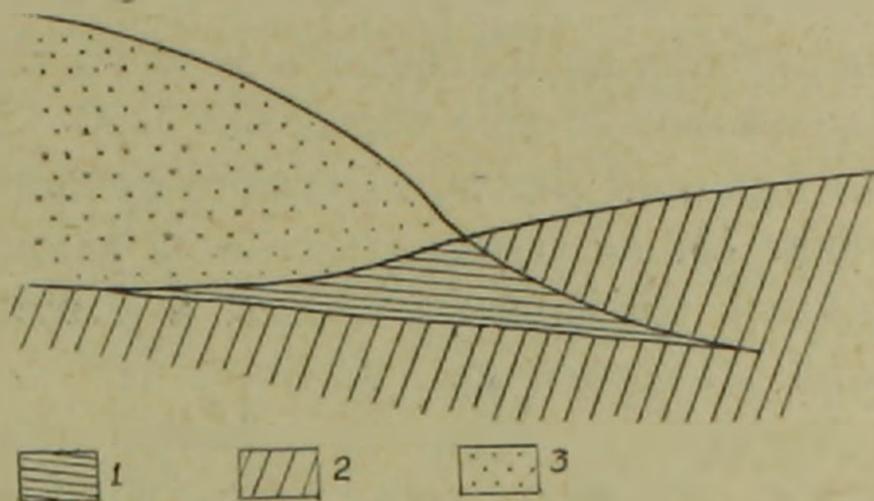
местности. Как известно, в горах, на отрицательных формах рельефа, местами накопившийся снег держится до нового снегопада. Много таких снежников на северных склонах Арагаца и Гегамских гор, где местами снег превращается в фирн. По нашему мнению под мощными снежниками не может быть вечной мерзлоты, она только появляется по краям снежника, под самой кромкой, где мощность снега небольшая и зимняя волна холода через снежный слой проникает в грунт. Отсутствие вечной мерзлоты под мощным снежником объясняется нами следующим образом. Везде на вулканических массивах снежники перекрывают голые чингилы. Между камнями очень свободно циркулирует воздух. Из глубоких слоев теплый воздух имеет свободный доступ к нижней поверхности снежника, соприкасаясь с последней, воздух охлаждается и стремится вниз. Таким образом, происходит турбулентный обмен, конвекция воздуха, благодаря которой под снегом должна держаться сравнительно высокая, ближе к 0° температура, что исключает возможность образования вечной мерзлоты. В снежниках наблюдается еще очень важное явление, препятствующее промерзанию грунтов. Как известно, снег обладает очень плохой теплопроводностью, зимняя волна холода проникает очень медленно и неглубоко, максимум до глубины 3—4 м. Эта волна в мощных снежниках не может достичь их дна. Между тем, летняя волна тепла очень быстро доходит до дна не только с помощью теплопроводности, но и, в основном, в виде скрытой теплоты, выделившейся при замерзании воды. Самый грубый подсчет скрытой теплоты замерзания может подтвердить вышеизложенное мнение. Например, в мае 1954 г. на высоте 3200—3400 м (массив Арагаца) растаял слой снега в 1 м. Если плотность снега 0,3—0,4 [б], то с 1 м² площади снежного покрова просачивается вглубь 300 000—400 000 см³ воды. В снежнике, мощностью в 10 м, эта талая вода, не достигая дна, вновь замерзает, выделив примерно 30 миллионов калорий в призме, основанием в 1 м². Эта скрытая теплота достаточна для того, чтобы повысить температуру всей призмы на 6° . Учитывая, что в апреле-мае значительная часть талой воды в снежниках, не доходя до дна, замерзает, станет ясным, что уже в начале лета температура всей толщи снежника повышается до 0° .

Вышеизложенное говорит в пользу того, что под снежником грунт в течение всего года должен иметь температуру в 0° . Поэтому даже зимой из-под снежника выходят ручейки.

Подкромковая вечная мерзлота на небольшом расстоянии от кромки снежника на некоторой глубине выклинивается. Она выклинивается также в сторону снежника. Выходит так, что наибольшая мощность вечной мерзлоты должна быть под самой кромкой (фиг. 5). Длина клиньев вечномерзлых грунтов в обратную сторону от снежников различна, она зависит от быстроты отступления кромки снежника летом, экспозиции, характера грунта. Местами подкромковая мерзлота сливается с островной вечной мерзлотой.

Верхняя поверхность вечной мерзлоты под кромкой снежника находится на самой поверхности грунта и, постепенно погружаясь на расстоя-

нии 5—8 м, в среднем на глубине 60—80 см, выклинивается. На расстоянии 1—2 м от кромки мерзлый грунт обнаруживается на глубине 10—20 см, мощностью до 60—80 см. Следовательно, под самой кромкой или недалеко от кромки в сторону снежника мощность мерзлого грунта не может превысить 100—120 см. К сожалению, нам нигде не удалось под кромкой выкопать шурфы глубже 80 см., т. к. везде выступали коренные породы и мы о мощности мерзлоты под кромкой не располагаем фактическими данными.



Фиг. 5. Вертикальный разрез подкромковой вечной мерзлоты. 1. Мерзлый грунт. 2. Талый грунт. 3. Снег.

Подкромковая вечная мерзлота является, по-видимому, самым распространенным типом мерзлоты в пределах всего Армянского нагорья. Она встречается выше орографической снеговой линии, расположенной на высоте 3000 м в северной и на высоте 3400—3500 м в южной частях Армянской ССР.

Островная вечная мерзлота встречается довольно редко, на больших высотах, на северных, более теневых склонах, где зимою снег сдувается, и на большой глубине грунт промерзает. В образовании такой мерзлоты большое значение имеют формы рельефа и состав грунта. Самыми благоприятными в этом отношении являются те склоны, которые сложены рыхлыми, глинистыми образованиями, перекрытыми каменной россыпью и щебнистым материалом. В таких местах гравитационная вода быстро стекает с верхнего слоя, вследствие чего теплопроводность уменьшается и летняя волна тепла очень медленно проникает вглубь. Зимою, лишенные снежного покрова, такие склоны быстро замерзают, так как холодный тяжелый воздух через верхний слой быстро проникает до глинистого слоя. Благодаря сравнительно большой теплопроводности увлажненного грунта, мощность мерзлого грунта увеличивается. Вечная мерзлота такого рода нами встречена на шлаковом конусе Аждаака (Гегамские горы) на высоте 3400 м и на Арагаце, выше 3500 м на крутых склонах северной экспозиции.

Наши наблюдения показали, что не на всех высоких массивах Армянской ССР встречается островная вечная мерзлота. Она приурочена в основном к массивам Арагаца и Гегамских гор (возможна и на Вардениском и Сюникском хребтах, где наблюдения не производились).

Температурные наблюдения на массиве Ишханасара в южной части республики на высоте 3400 м на северном склоне 29 августа 1954 г. дали следующую картину.

Глубина, см.	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
Температура в градусах	9,5	9,3	9,3	9,3	9,0	9,0	8,5	8,1	8,0	7,6	7,0	6,5	6,4

Из таблицы явствует, что на Ишханасаре не может быть вечной мерзлоты. Аналогичная картина наблюдается в Мокрых горах северной части республики, вершины которых едва достигают 3100—3200 м высоты. Здесь на северном склоне вершины Легли, на высоте примерно 3100 м, 17 августа 1947 г. на глубине 150 см температура была равна 8° выше нуля, что исключает возможность образования вечной мерзлоты.

Мерзлые грунты оказывают свое влияние на физико-географические процессы. Особое значение приобретает сезонная мерзлота в летние месяцы, т. к. вечная мерзлота имеет весьма ограниченное, локально-островное распространение. На массивах Арагаца и Гегамских гор большое развитие имеют солифлюкционные процессы. Являясь водоупором, сезонная мерзлота препятствует просачиванию талых вод и эти последние фильтруются на более низких гипсометрических отметках, где сезонная мерзлота уже исчезла.

Ереванский государственный
университет

Поступила 10.V. 1961.

Հ. Կ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ-ում ՀԱՎԵՐԺԱԿԱՆ ՍԱՌՑՈՒՅԹԻ ՀԱՐՑԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հավերժական սառցույթի հարցը Հայկական ՍՍՌ-ում մինչև այժմ մնում է քիչ ուսումնասիրված: Խ. Պ. Միրիմանյանի (2, 3) հաղորդումները միակն են այդ ուղղությամբ: Նա Գեղամա լեռներում Սև սարի լանջին 3000 մ բարձրության վրա նշում է հավերժական սառած գրունտի առկայությունը: Վերջին տարիներս կատարած դիտարկումները մեզ հանգեցնում են այն եզրակացության, որ հավերժական սառած գրունտները Հայկական ՍՍՌ բարձր լեռնային զանգվածներում ունեն խիստ սահմանափակ տարածում:

Հավերժական սառցույթ գոյանում է այնտեղ, որտեղ գրունտի մեջ բացարձակ մաքսիմում ջերմաստիճանը տարվա ընթացքում միշտ զրոյից ցած է: Գծ. 1-ից նկատում ենք, որ 1,6 մ խորության տակ բացարձակ մաքսիմում ջերմաստիճանի կորը Արարատյան դաշտից մինչև Արագածի գագաթը ըստ բարձրության նվազում և 0°-ի է հասնում 3700—3800 մ բարձրության վրա: «Արագած» օղիբույթաբանական կայանի տվյալներով մոտ 3200 մ բարձրության վրա, մինչև 80 սմ խորությունը, միջին տարեկան ջերմաստիճանն աս-

տիճանաբար նվազում է, այնուհետև՝ աճում (գծ. 2): Այդ ցույց է տալիս, որ մերձկատարային պլատոյում բացառվում է հավերժական սառցույթի գոյությունը:

Հավերժական սառցույթի ստեղծմանը խոշոր խոչընդոտ է հանդիսանում հզոր ձնածածկը, որ հասնում է երբեմն մինչև 150—200 սմ-ի: Ձմեռային ամիսներին գրունտի մեջ ջերմաստիճանային գրադիենտները շատ փոքր են, ուստի ցրտի ալիքը չի կարողանում թափանցել խորը, մինչդեռ ամառային ջերմային ալիքը հնարավորություն ունի խորը թափանցելու շնորհիվ ջերմային մեծ գրադիենտների, որն ակներև է գծ. 3-ից: Այսպիսով, ձնածածկը որպես զորեղ մեկուսիչ պաշտպանում է գրունտը սառելուց:

Դիտարկումները ցույց են տալիս, որ շինգիլներում ձմեռային ամիսներին ավելի ցուրտ է լինում, քան հողում (գծ. 4): Չինգիլներում տեղի է ունենում տուրբուլենտային ջերմափոխանակում՝ սառը օդը ծանրության շնորհիվ կարողանում է խորը թափանցել:

Բարձր լեռնային հարթ պլատոներում այնտեղ, որտեղ գրունտը ջրով հագեցած է և ձմռանը ծածկվում է ձյան բավական հաստ շերտով, ոչ մի տեղ հավերժական սառցույթ չկա, որովհետև ջրով հագեցած գրունտի սառեցման ժամանակ ստեղծվում է ուժեղ զրոյական վարագույր, այսինքն ջրի սառեցման ժամանակ անջատվում է մեծ քանակությամբ թաքնված ջերմություն, որը կուտակվելով արգելակում է խորը շերտերի սառեցումը: Գարնանը ջերմային ալիքը նույնպես դժվարությամբ է թափանցում գրունտի մեջ, որովհետև ջերմությունը ծախսվում է սառած գրունտի հալեցման վրա որպես հալման թաքնված ջերմություն: Այսպիսով զրոյական վարագույրը ջրով հագեցած գրունտներում դառնում է զորեղ գործոն՝ ջերմային ռեժիմում: Մեր դիտարկումները Գեղամա լեռներում 3300 մ բարձրության վրա ցույց տվեցին, որ 1954 թ. հուլիսի վերջին սառած գրունտը գտնվում էր 15 սմ խորության տակ և ուներ ընդամենը 10 սմ հզորություն: Ավելի խորը ջերմաստիճանը աստիճանաբար բարձրանալով բացառում էր հավերժական սառցույթի հնարավորությունը:

Հավերժական սառած գրունտներ Հայկական ՍՍՏ բարձր լեռնային զանգվածներում հնարավոր են այնտեղ, որտեղ ձնածածկը շատ բարակ է: Հավերժական սառցույթը հանդիպում է 1. ձնաբծերի եզրի տակ, 2. որպես կղզային սառցույթ:

Բարձր լեռնային զանգվածներում օրոգրաֆիական ձյան սահմանից վերև (3000 մ-ից բարձր) քամիներից պաշտպանված գոգավորություններում հանդիպում են ձյան բծեր, որոնք պահպանվում են շուրջ տարի: Մեծ հզորության ձնաբծերի տակ հավերժական սառցույթ լինելի չի կարող երկու հանգամանքով: Նախ այն պատճառով, որ ձնաբծերը գտնվում են շինգիլների վրա, ուստի քարաբեկորների արանքներում տեղի է ունենում օդի տուրբուլենտային շարժում և տաք օդը կարողանում է վերև բարձրանալ, հասնել ձյան շերտին: Երկրորդ՝ հզոր ձնածածկում ցրտի ալիքը ձմռանը չի կարողանում հասնել մինչև հատակ, իսկ ամառային ջերմության ալիքը հասնում է հատակ ոչ միայն ջերմահաղորդականությամբ, այլ նաև հալոցքային ջրերի վերսառեցման ժամանակ անջատված թաքնված ջերմության շնորհիվ: Այսպիսով, ձնաբծերի հատակում ամբողջ տարվա ընթացքում ջերմաստիճանը 0°-ից չի իջնում, հետևաբար գրունտը չի կարող սառած լինել: 0°-ից ցած ջերմաստիճաններ գրունտի մեջ կարող է լինել այն դեպքում, երբ ձյան շերտը բարակ է և ցրտի ալիքը հասնում

է գրունտին, այսինքն ձյան բծերի եղրային մասերում: Այդպիսի սառցույթին մենք անվանում ենք ենթահեղրային սառցույթ:

Կղզիների ձևով հավերժական սառցույթը լայն տարածում չունի: Այն հանդիպում է հյուսիսահայաց լանջերի այն հատվածներում, որտեղ ձմռանը ձյունը տարվում է քամիների միջոցով և շինգիլները բացվում են:

Մեր դիտարկումները Սյունիքի բարձրավանդակում և Խոնավ լեռներում ցույց են տալիս, որ հիշյալ պահվածների վրա հավերժական սառցույթ չկա: Հավերժական սառցույթը հնարավոր է համեմատաբար կոնտինենտալ պայմաններում գտնվող լեռնազանգվածների բարձր մասերում միայն:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Багдасарян А. Б. Климаты Армянской ССР, изд. АН АрмССР, Ереван, 1958.
2. Мириманян Х. П. Вечная мерзлота в ССР Армении. ДАН СССР, т. III, № 3, 1934.
3. Мириманян Х. П. Новые данные о вечной мерзлоте в ССР Армении. Тр. комиссии по изучению вечной мерзлоты, том V, изд. АН СССР, М.—Л., 1937.
4. Сумгин М. И. и др. Общее мерзотоведение. Изд. АН СССР, М.—Л., 1940.
5. Шагинян М. В. Распространение снежного покрова в бассейнах рек Армении. «Изв.» АН АрмССР, серия геологич. и географ. наук, т. XIII, № 5, 1960