

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТУНДРОВОГО МИКРОРЕЛЬЕФА ТАЙМЫРА

Одной из наиболее характерных особенностей тундровых ландшафтов является широкое распространение криогенного микрорельефа. В полярных пустынях и высокогорных районах формируются разнообразные сортированные (каменные) структурные грунты; обломки щебня образуют многоугольники или круги, трансформируясь на склонах в полосы или ступени.

По мере продвижения на юг возрастает "жизненная сила" [1], растительность играет все более важную роль и тундры приобретают специфический облик, отраженный в их названии – "пятнистые тундры". Особый характер криогенного микрорельефа выражается в широком распространении разнообразных форм пятен-медальонов (П-М) – участков оголенного грунта обычно округлой формы, обрамленных растительным бордюром и межпятенным понижением. Как целостные структуры, П-М объединяют все варианты тундровой поверхности: оголенный грунт, заросший растительностью бордюром и увлажненное мохово-лишайниковое понижение. Функционирование как П-М, так и их структурных элементов осуществляется в противоборстве двух мощных сил. Это криогенные процессы, создающие комплекс необходимых условий для криоморфогенеза, и биогенные процессы, препятствующие криогенной переработке грунтов за счет формирования мощного дерново-растительного покрова.

Микрорельеф тундр издавна привлекает пристальное внимание исследователей Севера – мерзлотоведов, геоморфологов, ботаников, почвоведов. Существует несколько десятков гипотез происхождения П-М и ни одна из них не получила всеобщего признания. Основные проблемы изучения криогенного микрорельефа, на наш взгляд, заключаются в следующем: 1. Существующие классификации форм тундрового микрорельефа [2–4 и др.] являются описательными или отражают в основном локальные особенности микрорельефа. 2. Происхождение П-М, несмотря на обилие интересных гипотез [5–8 др.] достоверно не установлено, также как и механизм их функционирования, разработанный преимущественно теоретически. 3. Совершенно не проработан вопрос о возрасте пятенных структур. 4. Слабо изучены закономерности географического распространения различных типов микрорельефа (исключение – [9]). Между тем перспективность такого подхода достаточно очевидна.

Все это стимулирует проведение новых исследований. В настоящей статье изложены результаты изучения пятнистого криогенного микрорельефа на севере Западной Сибири и полуострове Таймыр в 1983–92 гг. (рис. 1). На ключевых участках площадью 5–25 км² выделялись различные морфологические типы микрорельефа, составлялись схемы их распространения, проводились натурные эксперименты.

Ключевые участки "Усть-Порт", "Южно-Соленое" и "остров Свердруп" располагаются на субгоризонтальных позднеплейстоценовых поверхностях абсолютной высотой 20–35 м, сложенных суглинисто-супесчаными осадками с прослоями галечников. Ландшафтный фон – типичная и южная тундры.

Окрестности ключевого участка "озеро Прончищева" (Восточный Таймыр) представляют собой террасированную равнину, располагающуюся на трех гипсометрических уровнях (130–200, 90–130 и 70–90 м) и примыкающую к передовым хребтам нагорья Бырранга. Поверхности сложены в основном верхнеплейстоценовыми ледниковыми и водноледниковыми суглинками с различным содержанием щебня, гальки и валунов, которые перекрывают кристаллические породы палеозоя. Ландшафт – арктические тундры.

Совершенно иным рельефом обладают ключевые участки "Диксон" и "острова Известий ЦИК". Здесь широко развиты выходы на поверхность коренных пород, мощность чехла рыхлых отложений не превышает 2–3 м, в составе отложений много щебня, глыб. Максимальные высоты не более 50–60 м. В окрестностях Диксона развиты ландшафты арктических тундр, на островах Известий ЦИК – переходные к арктическим пустыням.

Наиболее суровый климат – на островах Известий ЦИК и на Восточном Таймыре,

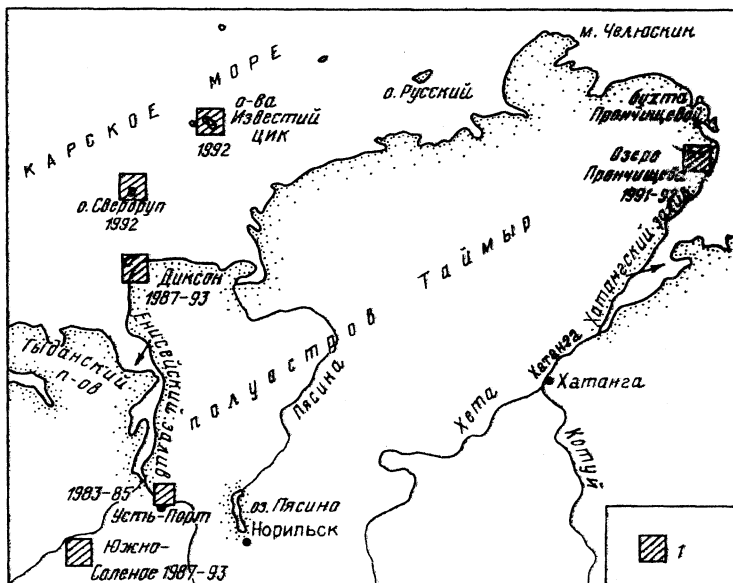


Рис. 1. Географическое положение районов исследования
I – ключевые участки

наименее суровый, с достаточно теплым летом – в окрестностях ключевого участка "Южно-Соленое" (табл. 1).

Сначала рассмотрим результаты экспериментальных исследований механизма пятнообразования и возраста пятен-медальонов. Изучение замкнутой системы П-М и ее функционирования при промерзании проводилось в поселке Южно-Соленом. Две металлические бочки высотой 0,85 м и диаметром 0,6 м (что примерно соответствует размерам естественных П-М этого района: глубина протаивания 0,6–1,2 м; диаметр П-М 0,4–0,8 м) были заполнены суглинком из естественных П-М. Грунт закладывается слоями мощностью 10–15 см, разделенными прослоями песка мощностью 1–2 см (рис. 2). Влажность грунта в бочках задавалась искусственно завышенной, так как его естественная влажность в предзимний период невелика. Грунт в бочках подвергался промерзанию – протаиванию сверху и с боков в естественных условиях. Стенки одной из бочек были утеплены промышленным теплоизоляционным материалом.

Эксперимент продолжался в течение двух годовых циклов промерзания – протаивания с 30 сентября 1990 г. по 29 сентября 1992 г. Зимние температуры достигали -40° , летние – $+20^{\circ}\text{C}$. При вскрытии верхней части грунтовой толщ следов каких-либо перемещений грунта вверх не обнаружено, маркирующие песчаные прослои не нарушены. Следовательно, при промерзании в замкнутой системе не возникло криостатического давления, являющегося, по мнению многих исследователей, основной причиной возникновения П-М.

Одним из дискуссионных вопросов при изучении криогенного микрорельефа является причина существования оголенного (лишенного растительности) центрального пятна в пятенных структурах. Имеющиеся представления, на наш взгляд, опираются больше на теорию, чем на факты. С целью изучения процессов, протекающих в центральной части П-М различных типов, в 1988–90 гг. нами был проведен эксперимент по выращиванию многолетних трав в пятенных структурах южной тундры. На четырех опытных площадках с несколькими типами П-М (медальонно-валиковым, валиково-медальонным, бугорково-кочковато-медальонным и кочковато-валиково-медальонным), были высеяны семена многолетних морозостойчивых трав (волоснец сибирский *Elymus sibiricus* L., регнерия *Roegneria*) из расчета 30–40 кг/га, доставленные из семеноводческого совхоза "Нюрбинский" (Якутия). На каждой из площадок применялись минеральные удобрения (азотные, калийные и фосфатные в равных дозах) из расчета 200 кг/га. Площадки располагались к северо-востоку от п. Южно-Соленое на левобережье р. Мессояхи, №№ 1 и 2 – в автоморфных условиях, №№ 3 и 4 – в гидроморфных.

Таблица 1

Климатические условия ключевых участков [10]

Ключевой участок	Ближайшая метеостанция	Температура воздуха, град.					Осадки, мм		Снежный покров		
		средняя			абсолютный		за год	за теплый период	число дней со снежным покровом	даты	
		годовая	июль- ская	за лето	мини- мум	макси- мум				установле- ния	схода
Усть-Порт	Караул	-10,5	11,5	8,1	-54	30	334	225	244	7.X	8.VI
	Усть-Порт	-10,6	12,3	7,3	-56	31	376	253	244	8.X	7.VI
Южно-Соленое	Мессояха	-10,6	13,0	9,5	-51	32	375	260	230	14.X	5.VI
Озеро Прончищева	Бухта	-14,0	4,0	2,6	-53	24	207	163	273	21.X	21.VI
	Прончищевой										
Диксон		-11,5	4,6	3,2	-51	27	274	192	258	2.X	15.VI
Острова Известий ЦИК		-12,2	1,6	0,6	-50	18	200	139	-	15.IX	8.VII

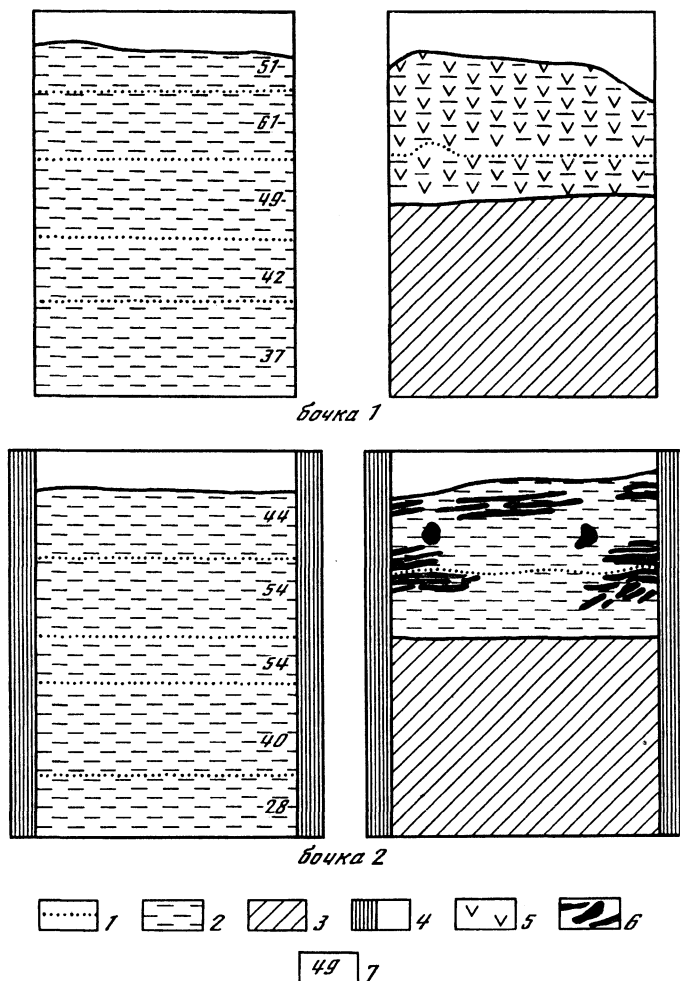


Рис. 2. Схема эксперимента по моделированию пятнообразования

1 – песчаные прослои мощностью 2 см, 2 – суглинки, 3 – невоскрытый в 1992 г. грунт, 4 – утепление бочки № 2 промышленным теплоизоляционным материалом, 5 – массивная криогенная текстура, 6 – линзы и шилы льда, 7 – относительная влажность слоя грунта, %

Посев был проведен 3–5 июля 1988 г. при глубине протаивания в центрах структур на 1-й и 2-й площадках 20–25 см, на 3-й и 4-й площадках – 10–15 см. Удобрения вносились только при посеве. Лучшие всходы в первом году были на площадке № 1, что можно объяснить более благоприятным гидротермическим режимом.

На следующий год наибольшие проективное покрытие (32–33%) и средняя высота всходов (11–13 см) наблюдались на площадках №№ 3–4. На наш взгляд, это объясняется смягчающим воздействием снежного покрова, лежащего на них более длительное время. На третий год посевы практически погибли на трех площадках, а на 4-й находились в угнетенном состоянии (табл. 2).

Анализируя результаты трехлетнего эксперимента, можно сказать, что главными причинами существования центрального оголенного пятна в структурах являются, прежде всего, отсутствие питательных веществ, выносимых водой вниз по почвенному профилю, и избыточное льдовыделение при промерзании приповерхностных горизонтов грунта. Единственным условием сохранения поселившейся в центре структур растительности может быть наличие мощного снежного покрова, защищающего поверхность от жесткого промерзания и, как следствие, от гибели корневой системы.

Прежде чем переходить к анализу распространения различных типов микрорельефа,

Эффективность посевов на различных типах микрорельефа

Номер площадки	Тип микрорельефа	Кол-во структур	Всходимость (1, 2)							
			1988 г.		1989 г.		1990 г.		среднее (1988–1990 гг.)	
			1	2	1	2	1	2	1	2
1	медальонно-валиковый	13	3	4	21	4	2	8	9	7
2	валиково-медальонный	8	1	4	22	9	0,5	8	8	8
3	бугорково-кочковато-медальонный	6	1	4	32	11	4	13	12	9
4	кочковато-валиково-медальонный	6	0,5	3,5	33	13	20	8	18	8

Примечание: всходимость: 1 – проективное покрытие, %; 2 – высота всходов, см.

Таблица 3

Распространение основных типов микрорельефа
(в % от площади ключевых участков)

Ключевой участок		Медальонный микрорельеф	Бугорковый микрорельеф	Кочковатый микрорельеф
Усть-Порт	1	40	30	30
	2	40	40	20
	3	50	20	30
Южно-Соленое		30	40	30
Диксон		50	20	30
Озеро Прончищева		38	44	18
Острова Известий ЦИК		94	2	4
Остров Свердруп		1	60	39

необходимо определить основные понятия, так как имеются значительные разногласия в терминологии. Разработанная А.П. Хольновым и дополненная авторами совместно морфологическая классификация криогенного пятнистого микрорельефа (рис. 3) служила основой для наших исследований географии микрорельефа.

В районе поселка Усть-Порт от 1-й и 3-й пробной площади (табл. 3) прослеживается постепенное уменьшение распространения мелкобугорковых и валиково-медальонных типов микрорельефа, а также увеличение площадей с медальонными структурами. Одновременно происходит заметное уменьшение размеров преобладающих структур П-М к северу.

В условиях типичной тундры ключевого участка "Южно-Соленое" при перепадах высоты поверхности всего в несколько десятков метров наблюдается своеобразная изменчивость типов микрорельефа. Так, в пределах рассматриваемого участка площадью 3 км² на междуречьях распространены медальонно-валиковые структуры диаметром 0,8–1,2 м; на пологом (около 2°) склоне – бугорково-медальонные, бугорково-кочковато-медальонные, бугорково-кочковатые. В нижней части склона преобладают валиково-медальонные, кочковатые и кочкарные участки.

На ключевом участке "озеро Прончищева" наблюдается достаточно четкая приуроченность типов микрорельефа к гипсометрическим уровням. Большую роль играют различия в литологии подстилающих пород. На более высоких участках со значительной долей щебня и дресвы в грунте развивается медальонный рельеф, на наиболее низких в условиях максимального увлажнения – кочкарный. Криогенный фактор доминирует на возвышенных участках, биогенный – на пониженных. На остальной территории влияние этих факторов сильно меняется. Наибольшее разнообразие форм микрорельефа характерно для наиболее низких участков.

характер микрорельефа	тип микрорельефа	преобладают процессы	профиль структуры	план структуры
МЕДАЛЬОННЫЙ	медальонный	КРИОГЕННЫЕ		
	медальонно-валиковый			
	валиково-медальонный	КРИОГЕННО-		
	валиково-медальонный сложный			
	кочковато-валиково-медальонный			
БУГОРКОВЫЙ	бугорково-медальонный	БИОГЕННЫЕ		
	бугорково-кочковато-медальонный			
	бугорково-кочковатый			
КОЧКОВАТЫЙ	кочковатый			
КОЧКАРНЫЙ	кочкарный	БИОГЕННЫЕ		
"ВОЛНИСТЫЙ"	"волнистый"	ЗООГЕННЫЕ И СКЛОНОВЫЕ		

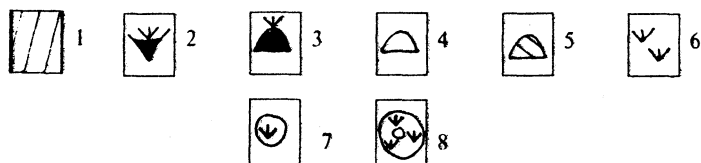


Рис. 3. Классификация криогенного пятнистого микрорельефа

1 – суглинистые грунты, 2 – межпятачные понижения, 3 – кочки, 4 – открытый грунт, 5 – задерживаемый грунт на поверхности пятен-медальонов, 6 – растительность, 7 – кочки-куртины растительности (в плане), 8 – растительный бордюр (в плане)

Интересным и малоразработанным вопросом является выяснение продолжительности существования различных типов П-М. Одним из косвенных методов его решения может явиться лихенометрический. Измерением диаметров пятен накипных лишайников на щебне и гальке в центральной оголенной части П-М было установлено время нахождения обломков на поверхности П-М (ключевой участок "Южно-Соленое"). Полученные материалы (рис. 4) свидетельствуют о том, что П-М различных типов можно расположить по возрасту относительно друг друга в таком порядке (от более молодых к более старым): медальонный – бугорковый – кочковатый. Этот вывод в какой-то степени опровергает концепцию стадийного развития пятнистого криогенного микрорельефа, так как более древними оказались мелкобугорковые и кочковатые структуры, а не медальонные.

Выводы

1. Экспериментально установлено, что роль криостатического давления, возникающего осенью при промерзании в замкнутой системе и определяющего, по мнению многих исследователей, функционирование пятенных систем, сомнительна. На наш взгляд, основные процессы пятнообразования протекают не в осенний, а в весенний период, в начале сезона протаивания. Переход температуры через 0° , сход снежного покрова, оттаивание приповерхностного слоя грунта – основные факторы пятнообразования. Ежегодно повторяющиеся возвратные заморозки приводят к промерзанию 1-, 2-сантиметрового слоя пере-

увлажненного грунта в чаше протаивания на оголенном пятне. В этом случае появляется избыточное давление между поверхностной, относительно тонкой мерзлой коркой и подстилающим, неоттаявшим мерзлым массивом снизу. Возникшее и растущее по мере промерзания сверху давление в переувлажненном зажатом слое грунта направлено во все стороны, но лишь в единственном направлении – вверх может прорвать тонкую льдо-грунтовую корочку. Происходит излияние грунта на поверхность, и он обновляет оголенное пятно в центре структуры. Ежегодное повторение описанного процесса приводит к формированию современного облика медальонных и бугорковых пятенных структур.

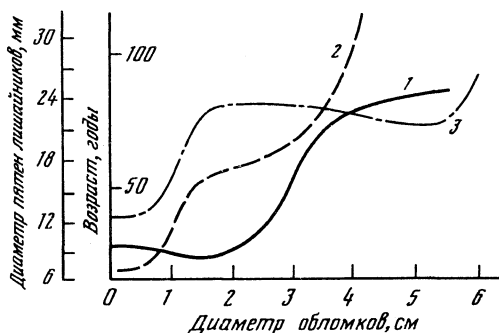


Рис. 4. Распределение пятен лишайников на щебне и гальке на поверхности пятен-медальонов

Типы микрорельефа: 1 – медальонно-валиковый, 2 – бугорково-медальонный, 3 – кочковатый

2. Эксперимент по выращиванию многолетних трав на пятенных структурах подтвердил существующие представления о бедности питательными веществами грунта оголенных пятен. При промерзании в случае отсутствия растительности льдовыделение особенно обильно.

3. Формирование и функционирование различных типов микрорельефа подчиняется географической зональности и определяется степенью увлажнения подстилающей поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумбольдт А. Картины природы. М.: Географгиз, 1959. 270 с.
2. Уошберн А.Л. Классификация структурных грунтов и обзор теорий их происхождения // Мерзлые горные породы Канады и Аляски. М.: Изд-во иностр. лит., 1958. С. 106–155.
3. Шарапова Т.А. Исследование пятнистого микрорельефа в юго-западной части Таймыра // Проблемы криолитологии. 1983. Вып. XI. С. 137–155.
4. Пукемо М.Н. К проблеме генезиса и развития криогенного структурного микрорельефа // Криогенные процессы. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 158–170.
5. Мудров Ю.В. К вопросу о формировании тундровых пятен-медальонов // Вопросы физической географии полярных стран. М.: Изд-во МГУ, 1958. Вып. I. С. 111–116.
6. Попов А.И. Мерзлотные явления в земной коре (криолитология). М.: Изд-во МГУ, 1967. 304 с.
7. Куницкий В.В. Причины образования мелких трещинных полигонов // Геоэкологические исследования в Сибири. Якутск: Якутское кн. изд-во, 1972. С. 42–45.
8. Чигир В.Г. Криогенный структурный микрорельеф // Проблемы криолитологии. 1979. Вып. VIII. С. 66–101.
9. Уошберн А.Л. Мир холода. М.: Прогресс, 1988. 384 с.
10. Справочник по климату СССР. Ч. II–IV. Вып. 18. Л.: Гидрометеониздат, 1967–69.

S u m m a r y

Results of ten years field researches in tundra regions of Taimyr and West Siberia are presented. Field experiments, modeling of spots' formation, mapping of cryogenic microrelief, were fulfilled. The main causes of central bald spot formation are the lack of nutrient stuff washed away down the soil profile and the excessive iciness in the near-surface soil. The main factors of this process – ground temperature zero crossing, snowmelt, freezing-thawing of the near-surface ground. The peculiarities of formation and development of different types of microrelief have zonal character and depend on humidification of surface.

УДК 551.336(235.31)

© 1997 г. С.В. ШВАРЕВ

**РЕКОНСТРУКЦИЯ САРТАНСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ПЛАТО ПУТОРАНА
(ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК)**

Проблема сартанского оледенения плато Путорана до настоящего времени остается дискуссионной. Представления варьируют в широком диапазоне: от признания за оледенением незначительных размеров, типичного горно-долинного характера и подчиненной роли в качестве завершающей фазы зырянского оледенения, до выделения самостоятельного покровного оледенения [1–6]. Работы последних лет, опирающиеся на материалы геологических съемок и тематических исследований, чаще свидетельствуют в пользу второй точки зрения [7–9].

Остается открытым вопрос о масштабе, формах проявления оледенения и направлениях движения ледников. Для решения этого вопроса необходим взаимосвязанный анализ денудационного и аккумулятивного ледникового рельефа. Если аккумулятивному рельефу и облекаемым им отложениям уделялось достаточно пристальное внимание, то сведения об экзарационных формах, опубликованные в ряде работ [10, 11], достаточно разнородны и отрывочны. В отдельных случаях отрицается даже само существование форм ледниковой эрозии [12].

Региональные закономерности распространения ледниковых форм хорошо отражаются материалами космических фотосъемок в силу высокой разрешающей способности и обзорности последних. В особенности это относится к экзарационному рельефу, развитому в горной части плато. На космических фотоснимках (КФС) масштабов 1:500000 – 1:1000000 отчетливо видны основные формы ледникового рельефа: кары, цирки, троговые долины, нунатаки, конечные морены и т.п. По результатам визуального анализа КФС выделяются три зоны экзарационного рельефа (рис. 1).

1. "Каровые" зоны с многочисленными карами, трогами, сквозными долинами, нунатаками. Рельеф резко расчлененный, по площади преобладают отрицательные формы.

2. "Троговые" зоны с развитием преимущественно троговых долин. Рельеф интенсивно и умеренно расчлененный, количество положительных и отрицательных форм или равное или преобладают положительные.

3. "Нулевые" зоны с отсутствием следов активной ледниковой эрозии. Иногда присутствуют останцовые горы. Рельеф слабо расчлененный с абсолютным преобладанием положительных форм.

Принимая во внимание покровный характер всех досартанских оледенений, не вызывающий сомнений у большинства исследователей, можно отнести формирование каров и трогов к сартанскому времени и использовать их в качестве ключа для реконструкции последнего оледенения.

Основываясь на данных анализа КФС, можно сделать два взаимоисключающих предположения: