

В. Д. Васильевская

Почвообразование в тундрах Средней Сибири



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ПОЧВОВЕДЕНИЯ
И МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ
ИНСТИТУТ АГРОХИМИИ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ

В. Д. Васильевская

Почвообразование
в тундрах
Средней Сибири



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1980

В.Д. Васильевская. Почвообразование в тундрах Средней Сибири. М.: Наука, 1980 г.

Монография содержит ценный и оригинальный материал по характеристике почвенного покрова слабо изученной территории нашей страны. В работе приводится детальное описание почв, растительности и животного мира тундр Средней Сибири. Работа вносит существенный вклад в инвентаризацию земельных ресурсов нашей страны и в представления о почвенном покрове тундровой зоны.

Табл. 63, рис. 26, библи. 315 назв.

Ответственный редактор
доктор географических наук
В.О. ТАРГУЛЬЯН

ПРЕДИСЛОВИЕ

Тундры Средней Сибири простираются от берегов Енисея на западе до низовьев Лены на востоке. С юга их естественной границей служит уступ Среднесибирского плоскогорья, с севера — арктические пустыни мыса Челюскин. Эта территория включает Северо-Сибирскую низменность и горы Бырранга и в подавляющей части расположена в пределах п-ова Таймыр.

В почвенном отношении до последнего времени район был изучен крайне слабо. В 60–70-е годы интерес к изучению природных богатств Таймыра сильно возрос. Интенсивные исследования проводит Институт сельского хозяйства Крайнего Севера (г. Норильск); был организован ряд стационаров по плану Международной биологической программы и по программе "Человек и биосфера". Это стационары Ботанического института АН СССР им. В.Л. Комарова в долине р. Пясины (Тарей), на р. Новой, притоке Хатанги (Ары-Мас), в бухте Марии Прончишевой, и стационар "Агапа" факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова в среднем течении р. Пясины.

Автор в 1966–1973 гг. возглавил комплексные исследования на стационаре "Агапа" и почвенные исследования на стационаре "Тарей" в 1969–1974 гг. Кроме того, были проведены маршрутные исследования, охватившие следующие территории: окрестности Норильска, долину р. Пясины от оз. Пясино до низовьев, долины наиболее крупных притоков Пясины: Агапы, Ягоды, Якимды, Тарей, Пуры. Была пройдена на лодках р. Верхняя Таймыра от истоков до устья р. Логаты, обследованы горы Ая-Бырранга. Аэровизуально во время учета численности дикого северного оленя совместно с сотрудниками НИИСХ Крайнего Севера (г. Норильск) была обследована значительная часть территории Таймыра.

Многoletние стационарные исследования динамики почвенных процессов, химизма почвенных растворов и природных вод, биологического круговорота зольных элементов и азота, процессов сезонного оттаивания и промерзания почв в сочетании с традиционными полевыми и лабораторными исследованиями почвенных профилей позволили установить ряд интересных особенностей процессов почвообразования в тундрах, имеющих циркумполярное значение, а также выявляющих специфику условий почвообразования в тундрах Средней Сибири.

Наиболее детально процессы почвообразования были изучены нами в типах тундровых глеевых и болотных почв. Для большинства

других типов почв мы располагаем только морфологическими описаниями и данными некоторых анализов. В региональном плане большинство работ было проведено на Западном, отчасти Центральном Таймыре. Отдавая себе отчет в том, что ряд типов почв не охарактеризован нами достаточно детально и что имеется мало сведений о почвах и ландшафтах Восточного Таймыра, мы все-таки сочли возможным дать описание почвенного покрова всей этой целостной географической единицы, а общность физико-географических условий территории позволяет нам предполагать идентичность процессов почвообразования в различных частях Таймырского полуострова.

В полевых работах на Таймыре и обработке материалов принимали деятельное участие сотрудники факультета почвоведения и биологического факультета Московского государственного университета: Л.Г. Богатырев, В.В. Иванов, Л.А. Гришина, Н.М. Шалаева, Е.Б. Поспелова и др. Большую работу провели студенты этих факультетов: А.А. Тишков, Ю.Г. Жаркова, Г.А. Солодихина, Е.П. Вирченко, О.В. Горбачева, С.И. Решетников, Л.С. Песочина, О.А. Бодрова, Е.А. Жогальская и др. Расшифровка рентгенограмм илестой фракции почв выполнена Б.П. Градусовым (Почвенный институт им. В.В. Докучаева). Без материалов, полученных этими исследователями, данная работа не могла бы быть написана.

При работе на стационаре "Тарей" автор всегда находил поддержку со стороны сотрудников Ботанического института АН СССР. Особую признательность автор хочет выразить ныне покойному профессору Борису Анатольевичу Тихомирову, талантливому организатору тундровых исследований. Самую искреннюю благодарность автор приносит также норильским зоологам-охотоведам, геодезистам и геологам, рыбакам и летчикам, без поддержки и душевного участия которых ни стационарные, ни региональные исследования не могли бы быть проведены.

УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ СЕВЕРА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

До последних лет территория Таймырского полуострова и Ленско-Хатангского междуречья в географическом отношении была изучена чрезвычайно слабо, не говоря уже о специальных почвенных исследованиях. Побережье Таймырского полуострова было нанесено на карту участниками Великой северной экспедиции (1733-1743 гг.). Только столетие спустя Таймыр посетил А.Ф. Миддендорф (1843 г.), который пересек Таймыр на оленях и спустился на лодке по Нижней Таймыре до Таймырского залива. Фактически следующие ученые естествоиспытатели побывали на Таймыре снова через сто лет. В этот промежуток времени были сделаны сборы растений ботаниками на части побережья Таймыра (Ф.Р. Чильман из экспедиции Норденшельда на корабле "Вега" и А.А. Бялыницкий-Бируля из русской полярной экспедиции под руководством Э.Толя на яхте "Заря").

В 1938 г. на Восточном Таймыре работала экспедиция АН СССР под руководством А.И. Толмачева. Участники экспедиции пересекли полуостров от с. Дудинка до оз. Таймыр и собрали материалы о природе восточной части Таймыра и собрали коллекцию флоры. В Ленско-Хатангском районе в эти же годы (1926-1928) первые рекогносцировочные исследования провел А.А. Романов, командированный в эти края Якутской комиссией АН СССР для изучения охотничьего и пушного промысла.

Для географического ознакомления с Таймыром много дали географические экспедиции, которые начали работать в этом районе в конце двадцатых годов (Фрадкин, 1947). Геологический комитет СССР организовал в 1929 г. экспедицию под руководством Н.Н. Урванцева, работавшую преимущественно в бассейне Таймыры. Была впервые обследована вся долина Верхней Таймыры, составлены топографические и геологические карты ее бассейна, получены данные по орографии, гидрографии и древнем оледенению этой территории. В 30-е годы геологические исследования приняли систематический характер. Наряду с геологическими работами, организованными Всесоюзным арктическим институтом, велись работы по составлению топографических карт.

В конце тридцатых годов проводились гидрологические исследования в бассейнах Пясины, Верхней и Нижней Таймыры, Хатанги (Гомоюнов, 1945). Создание на мысе Челюскин в 1933 г. поляр-

ной станции способствовало систематическим исследованиям ландшафтов северного побережья полуострова. Восточное побережье в 1940–1941 гг. исследовала Гидрографическая экспедиция Управления Главсевморпути под руководством А.И. Косого.

В Ленско-Хатангском междуречье в 30-е годы проводились интересные геоботанические исследования: экспедициями Института оленеводства и Наркомзема РСФСР (результаты изложены в работах В.Б. Сочавы, Л.Н. Тюлиной и В.Д. Александровой). Обобщение работ по растительности Таймыра было сделано в конце 30-х годов Ф.В. Самбуком (1937).

Исследование северных районов Средней Сибири не прекращалось и в годы войны. Промысловая сельскохозяйственная экспедиция обследовала Таймырское озеро, и были получены данные по гидрологии и гидробиологии озера (Грезе, 1947). В 1945 г. появилась работа В.Н. Сакса (1945) по геоморфологии бассейна р. Пясины. Но все-таки к середине 40-х годов даже первоначальное географическое ознакомление с территорией не было закончено.

В 1934 г. отдел оленеводства Всесоюзного арктического института организовал геоботанические исследования Таймыра в землеустроительных целях. Бассейн р. Пясины обследовался А.Н. Виноградовой (1937), бассейн ее правого притока – р. Дудыпты – М.Н. Аврамчиком (1937). В этих работах дается геоботаническое районирование территории, наибольшее внимание уделяется пастбищной характеристике тундр как кормовой базы оленеводства.

В послевоенные годы изучение природных компонентов северных районов Средней Сибири стало более планомерным и детальным. Так, в 1946–1948 гг. Таймырской комплексной экспедицией Арктического института (ныне Научно-исследовательский арктический и антарктический институт Гидрометслужбы СССР) проводились в Центральном Таймыре полустационарные и стационарные исследования. Большую работу по изучению геологии и запасов полезных ископаемых провели сотрудники Научно-исследовательского института геологии Арктики.

Комплексное изучение природы тундры Таймыра было предпринято также экспедицией АН СССР и Главсевморпути за таймырским мамонтом. В результате этих исследований появилась серия работ Б.А. Тихомирова по флоре и растительности и В.Н. Сдобникова по характеристике животного мира и биотопов Таймыра. Очень краткий очерк растительности долины р. Пясины дан в работе И.Г. Серебрякова (1960).

После перевода из Ленинграда в г. Норильск Института сельского хозяйства Крайнего Севера (1957 г.) ученые этого института начали большие работы по изучению и картографированию растительного покрова, учету и изучению биологии позвоночных животных, определению запасов кормовых ресурсов тундр Таймыра.

В заключение необходимо остановиться на истории изучения почвенного покрова Таймыра. История эта небогата событиями. До 60-х годов непосредственные исследования проводились лишь в

долине Енисея, в более южных районах (лесотундра, северная тайга; Драницын, 1914, 1916; Ляхов, 1940).

Первая работа, выполненная уже в пределах п-ова Таймыр, была посвящена почвам Норильской долины (Каплюк, 1962). В этой статье содержались краткие сведения о климате, растительности и почвообразующих породах района и описывались почвы, отнесенные автором в основном к скрытоподзолистым, болотным, пойменным и слабо развитым шибнистым. Описания почвенного покрова Таймыра, встречающиеся в различных публикациях того периода, проводились путем экстраполяции данных по другим тундровым территориям. В схеме почвенного районирования Красноярского края (Кириллов, Буганов, 1959) все равнинные почвы полуострова отнесены к болотным с различной мощностью торфянистого и глеевого горизонтов. В работе, посвященной почвам Средней Сибири, тундровые почвы также описаны весьма фрагментарно (Ерохина, Кириллов, 1964). В 70-е годы на побережье Енисейской губы работал В.М. Корсунов (1975).

Региональные и стационарные почвенные исследования на Таймыре начались фактически с момента организации в 1966 г. трех стационаров: "Тарей", "Ары-Мас" Ботанического института АН СССР и "Агапа" факультета почвоведения МГУ, на котором и было выполнено в основном настоящее исследование. Сезонно-динамические наблюдения проводились нами и на стационаре "Тарей". Результатом этих работ явились публикации И.В. Игнатенко о почвах окрестностей Тарей и Ары-Масса (1971, 1973, 1978; Игнатенко и др., 1973; Зверева, Игнатенко, 1974) и наши статьи и доклады, ссылки на которые будут даны по мере изложения материала.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Весь Таймырский полуостров расположен севернее 70° с.ш., что, естественно, накладывает существенный отпечаток на характер климата. Большая часть территории по климатическому районированию СССР относится к области атлантического влияния арктического пояса. Северо-восточные районы попадают в область континентального влияния этого же пояса. Верховья Пясины и полоса лесотундры вдоль края плато Путорана входят в область континентального влияния субарктического пояса (Алисов, 1956). В арктическом поясе арктические воздушные массы преобладают как в холодное, так и в теплое время года.

Годовое количество суммарной радиации составляет около 64–73 ккал/см², отраженная радиация – 34–30, эффективное излучение – 15–22, радиационный баланс – 15–21 ккал/см² (Галахов, 1964). Большая часть радиационной энергии расходуется на испарение влаги с поверхности почвы (12–15 ккал/см²). На непосредственный нагрев воздуха расходуется всего 3–6 ккал. В лесотундре доля радиационного баланса, расходуемая на нагревание воздуха, возрастает до 38% (против 20–28% в тундрах).

Таблица 1

Основные гидротермические показатели Таймыра

Станция	Подзона	Средняя температура воздуха, °С		
		годовая	января	июля
Мыс Челюскин	Арктическая пустыня	-14,5	-29,6	1,5
Бухта Марии Прончишевой	Арктическая тундра	-14,0	-31,2	4,0
Таймырское озеро	То же	-14,5	-33,1	6,5
Мыс Входной	"	-13,2	-29,5	6,1
Усть-Тарей	Типичная тундра	-13,4	-31,3	10,5
Хатанга	То же	-13,4	-33,8	12,3
Сопочная Карга и Гольчиха	"	-11,5	-28,4	10,2
Черная	Южная тундра	-11,7	-29,6	11,9
Кресты Таймырские	То же	-12,3	-30,6	11,4
Дудинка	Лесотундра	-10,2	-28,0	12,8
Валек	"	-10,2	-28,7	13,4

Климатические особенности территории в значительной мере обусловлены ее положением в высоких широтах. Для нее характерно наличие полярной ночи, составляющей в среднем около трех месяцев, и полярного дня, продолжающегося примерно три-пять месяцев.

Температурные условия крайне суровы (табл. 1). Безморозный период на севере полуострова отсутствует (см. данные по мысу Челюскин и бухте Марии Прончишевой). В арктических тундрах продолжительность его около 50 дней, в типичной - около 60. В южной тундре и лесотундре (южная часть полуострова) продолжительность безморозного периода увеличивается до 70-80 дней. Лето на Таймыре относительно теплое. Так, на большей части бассейна Пясины, например, температура июля около 11°, только у мыса Входного в дельте она снижается до 6°. Зимы, наоборот, крайне суровы, температура января около 30°. Наиболее низкие температуры зимой наблюдаются в центральной части (см. данные для пос. Усть-Тарей, Таймырского озера, Хатанги). Там же и наиболее низкая среднегодовая температура.

Сравнение гидротермических показателей территории с показателями для других провинций типичной и арктической тундры (Ка-

Средняя продолжительность безморозного периода, дни	Сумма средних суточных температур воздуха		Количество осадков, мм		
	>5°	<0°	за год	за сентябрь-май	за июль-август
Отсутствует	80	-5356	209	135	74
"	93	-5382	207	115	92
50	383	-5747	283	180	103
49	371	-5256	-	-	-
59	561	-5513	297	194	103
73	528	-5707	237	119	118
67	594	-4873	322	213	109
77	777	-5155	-	-	-
68	730	-5260	344	224	100
80	876	-4667	384	254	130
87	832	-4707	311	172	139

раваева, 1969) показало, что термические условия зимы на Таймыре более суровые, чем во всех провинциях, кроме Восточно-Сибирской; ниже и среднегодовые температуры. Лето, наоборот, во всех подзонах теплее, чем в других провинциях тундровой зоны (10-13° против 6-9°). Большие различия наблюдаются и в сумме положительных температур, особенно в сумме температур более 5°. Количество осадков несколько больше, чем в других провинциях, причем летом выпадает примерно третья часть общей суммы. Количество осадков убывает на север и на восток территории.

Наибольшие количества осадков в среднем выпадают в феврале июле-августе и в декабре. Количество осадков резко колеблется по годам. За годы наших наблюдений выделяется, например, влажный 1973 г. или наиболее сухой 1969 г. В 1973 г. в феврале выпало почти в 25 раз больше снега, чем в бесснежном 1969 г. В среднем за год в типичной тундре Западного Таймыра выпадает 250-300 мм осадков; как правило, преобладает снег, но в отдельные годы могут превалировать жидкие осадки (включая снег с дождем).

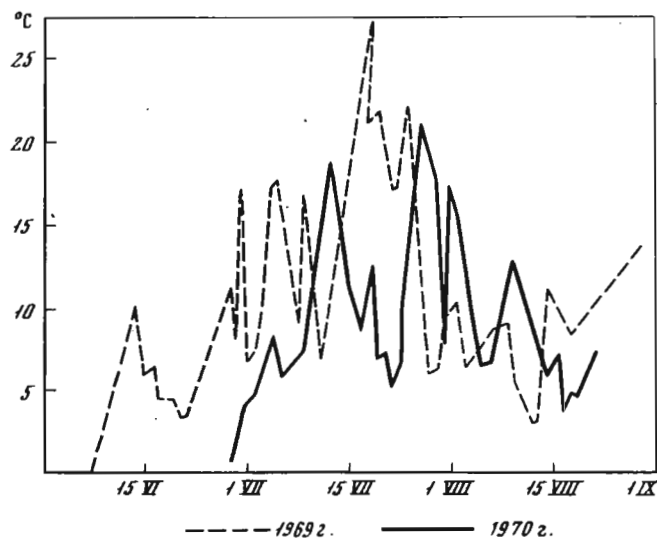


Рис. 1. Ход среднесуточных температур воздуха в разные годы наблюдений в пятнистой кустарниково-осоково-моховой тундре

Суровость климата Таймыра осложняется также и наличием многолетнемерзлых пород. Многолетнемерзлые породы на территории полуострова распространены повсеместно, они характеризуются большой мощностью и низкими температурами: в верховьях Пясины на юго-западе Таймыра - 300-400 м (температура -7°); большая часть Северо-Сибирской низменности - 400-500 м ($-8-11^{\circ}$); горы Бырранга - 500 м ($-10-13^{\circ}$; Баранов, 1960). С юго-запада на северо-восток территории температура многолетнемерзлых пород снижается. Многолетнемерзлые толщи оформились в зырянское время и каргинское межледниковье (Шевелева, Хомичевская, 1967).

Погодные условия вегетационных периодов разных лет характеризуются довольно высокой контрастностью. Так, за годы наблюдений на стационаре "Агапа" наиболее теплыми были сезоны 1967 и 1969 гг., холодными - 1968 и 1970 гг. (рис. 1). По количеству осадков, времени наступления весны все годы также резко различались. Особенно поздней была весна 1970 г., когда положительные температуры наступили только в июле; весь июнь сохранялся сплошной снеговой покров.

В неблагоприятных климатических условиях, которые мы наблюдаем в тундровой зоне вообще и на Таймыре в частности, чрезвычайно важен учет микро- и даже наноклиматической изменчивости (Романова, 1979). Тепло в северных ландшафтах в большинстве случаев является решающим фактором в распределении растительности и в формировании типов животного населения. В связи с низким положением солнца над горизонтом количество приходящего

тепла чрезвычайно сильно варьирует в зависимости от рельефа, существенное перераспределение тепла наблюдается даже по элементам микро- и нанорельефа.

Результаты изучения микроклимата на стационарах "Тарей" и "Агапа" опубликованы в ряде работ (Романова, 1969, 1970, 1971, 1972, 1978; Романова, Уткина, 1973; Богатырев и др., 1971; Васильевская и др., 1974; Тишков, 1975). Часть материалов этих исследований относится непосредственно к тепловому режиму почв, поэтому они будут обсуждены в соответствующем разделе.

При исследованиях микроклимата почв на стационаре "Тарей" было установлено, что поток тепла в почву летом достаточно велик (30% от радиационного баланса; Романова, 1970). При этом суточные суммы испарения не превышают 15-20 мм, хотя тундровые почвы интенсивно насыщены влагой. Очевидно, это связано с физиологическими особенностями растений тундры, которые в процессе вегетации должны очень экономно расходовать небольшие количества тепловой энергии. Кроме того, для тундры характерно малое непродуктивное испарение вследствие наличия сплошного растительного покрова, который создает влаго- и теплоизолирующую прослойку. На пятнистых тундрах непродуктивное испарение возрастает.

Сравнение термических характеристик различных участков тундр при различных типах погоды показало, что болота при всех типах погоды холоднее пятнистых тундр; в почве различия на глубине 5 см достигают $1-2^{\circ}$, на глубине 20 см - $1,5-2,0^{\circ}$ (Романова, 1970). Наиболее благоприятными местоположениями в микроклиматическом отношении являются крутые склоны надпойменных террас или высокой поймы к реке - так называемые яры. И на стационаре "Агапа", и на стационаре "Тарей" для яров, особенно защищенных от северных ветров, были получены наиболее высокие температуры приземного слоя воздуха и почвы. Различия в температуре почвы между пятнистой тундрой и яром в июле на глубине 5 см достигали $8-9^{\circ}$, на глубине 20 см - 5° .

В табл. 2 приведен пример наноклиматических различий в пятнистой кустарниково-осоково-моховой тундре в районе стационара "Агапа". Если температуры поверхности почвы на пятне и участках под растительностью различаются мало (прослеживается лишь тенденция несколько большей температуры почвы на пятне ночью и несколько меньшей днем), то уже на глубине 5 см почва пятна становится существенно теплее, особенно в дневные часы.

Рассматривая климат Таймыра с точки зрения его роли в почвообразовании, можно констатировать следующее.

1. Суровые климатические условия (чрезвычайно холодные даже для тундр зимы и низкие среднегодовые температуры) должны способствовать повсеместному сохранению многолетнемерзлых пород, а большие запасы холода за зимний период могут препятствовать их существенному сезонному оттаиванию. Отмечается широкое развитие процессов криогенного массо- и влагообмена, активное образование различных форм мерзлотного микро- и нанорельефа и, как

Таблица 2

Разности температур поверхности почвы и на глубине 5 см между участками под растительностью и пятнами (пятнистая тундра стационара "Агапа", июль, 1970)

Показатель	Ночь		День	
	Средние	Колебания	Средние	Колебания
Температура поверхности почвы	-0,3	+0,4-(-1,3)	+0,2	+2,8-(-1,7)
Температура почвы на глубине 5 см	-2,0	-0,6-(-5,0)	-3,8	-1,3-(-7,9)

следствие этого, четкая выраженность комплексности почвенного покрова.

2. Наличие мерзлотного водоупора и слабое испарение неизбежно ведут к повсеместному развитию в почвах оглеения (за исключением почв с хорошим внутренним дренажем).

3. Сравнительно теплое для таких высоких широт лето (высокие летние температуры приземного слоя воздуха и верхних горизонтов почвы) благоприятны для микробиологической активности верхних горизонтов почв, для жизнедеятельности большого числа групп почвенных беспозвоночных, что в свою очередь должно способствовать разложению растительных остатков, их гумификации и препятствовать активному торфонакоплению.

4. Наблюдаемые мезо-, микро- и наноклиматические различия, связанные с перераспределением солнечной энергии, изменениями скорости ветра, с накоплением и продолжительностью существования снежного покрова и т.д. в зависимости от высоты местности, характера поверхности, экспозиции и крутизны склонов создают существенно различные условия почвообразования по формам рельефа (в том числе микро- и нанорельефа). Это должно привести к проявлению высотной поясности почвенного покрова даже при небольших превышениях высот (30-50 м) и к контрастности его по элементам криогенных комплексов.

РЕЛЬЕФ, ГЕОЛОГИЯ, ПОЧВООБРАЗУЮЩИЕ ПОРОДЫ

РЕЛЬЕФ

Тектонические движения, приведшие к консолидации фундамента Таймырского полуострова, протекали в верхнем палеозое (Воскресенский, 1962). Однако современный рельеф территории сформировался на протяжении неоген-четвертичного времени, главным обра-

зом за счет тектонических процессов. Последние сыграли роль не только при формировании таких морфоструктур, как Таймырская низменность, горы Бырранга, но и более мелких: долины всех основных рек (Хатанги, Енисей, Нижней Таймыры, среднего течения Пясины), а также крупные озера (Таймырское, Портнягино) приурочено к тектоническим впадинам (Сиско, 1970а,б).

Горы Бырранга и расположенная южнее Северо-Сибирская (Таймырская) низменность занимают основную часть полуострова. С юга Таймырская низменность ограничивается наиболее возвышенной частью Среднесибирского плоскогорья - плато Путорана.

Таймырская низменность, как и прибрежные низменности полуострова, относятся к типу первичных равнин, возникших в результате продолжительной морской аккумуляции в условиях слабого опускания и последующей переработки поверхности тектоническими движениями, речной, ледниковой деятельностью, мерзлотными и другими процессами. Характерная особенность равнины - ее небольшая абсолютная высота (преобладающие абс. высоты 80-140, до 230 м) и пологоволнистый рельеф, что обусловлено чередованием возвышенностей и низин, преимущественно субширотного простираания (Егорова, 1959).

Формирование низменности происходило в течение длительного периода; окончательно она оформилась как мезозойский краевой прогиб в мелу (Сягаев, 1960, 1966). Однако относительная mobility низменности сохранились и в четвертичный период. К зонам поднятий и разрывным нарушениям в мезозойском фундаменте приурочены нижедевонские соляные купола, характерные для центральной и восточной частей низменности. Горстовые структуры на северо-востоке низменности (возвышенности Киряка-Тас, Тулай-Киряка-Тас, Балахня), сложенные палеозойскими породами, оформились после максимального оледенения (в предзырянское время). Суммарная амплитуда тектонических движений в четвертичный период в пределах низменности составляла 400 м (Кулаков, 1960). Это обусловило неоднократную смену трансгрессий и регрессий морского бассейна, структурно-предопределенное расположение речной сети, формирование серии водораздельных возвышенностей субширотного простираания.

На участках, прилегающих к побережью и долинам рек Хатанги и Енисей, местами террасированная поверхность равнины имеет общий наклон к морю. На тектонических возвышенностях и на их склонах ледники зырянского времени создали краевые и конечно-моренные гряды, а также камы, реке озы. В понижениях дозырянского рельефа водно-ледниковые потоки образовали зандры и озерно-ледниковые равнины.

Краевые гряды Таймырской низменности состоят из одной крупной или серии мелких параллельных гряд, вытянутых обычно с юго-запада на северо-восток. Они сложены валунными суглинками, песками, гравием с галькой и имеют длину от 2-3 до 10-15 км при ширине от 0,3 до 5 км. Особенно часто моренные холмы и гряды

распространены в северной предгорной части низменности. Наиболее крупные камовые поля, сложенные песками, гравием и галькой, встречаются на правобережье верхнего и среднего течения р. Агапы, а также в междуречье Дудьшты и Пясины и в пределах Янгодо-Горбитской возвышенности. Самые значительные по площади песчаные озовые образования расположены в междуречье рек Агапы и Казакахи, а также к западу от оз. Половинного. На некоторых водораздельных возвышенностях (как, например, Джангодской в долине р. Джангода) наблюдаются системы чередующихся через 0,1–0,3 км гряд и эрозионных ложбин.

Поверхность низменности расчленена густой эрозионной сетью. На ее территории нет участка, удаленного более чем на 10 км от долины какой-либо крупной реки. Долины рек в большинстве случаев приурочены к понижениям рельефа, нередко ледникового и доледникового, и обычно имеют трапециевидный террасированный характер. Как правило, у них образуется не более двух пойменных и двух надпойменных террас. При этом три нижние из них сложены аллювиальными отложениями, а вторая надпойменная соответствует поверхности озерно-аллювиальной либо флювиогляциальной равнины, образовавшейся в позднее зырянское и послезырянское время. Исключением является долина р. Хатанги, где выделяются две аллювиальные надпойменные террасы. Высота пойменных террас в зависимости от величины реки колеблется от 1 до 6 м, в долинах наиболее крупных рек (Пясины, Енисей) превышение над урезом рек высокой поймы достигает 8–10 м, первой надпойменной террасы – от 8 до 15 м, второй – 10–40 м.

Сток рек севера Средней Сибири направлен в моря Карское и Лаптевых. Большая часть территории относится к бассейнам трех крупных рек: Пясины, Хатанги и Таймыры. К бассейну Енисея принадлежат лишь небольшие реки узкой прибрежной полосы на западе региона.

Н.А. Доронина и Р.К. Сиско (1970) выделяют на п-ове Таймыр два гидрологических района: северный, включающий прибрежную часть и горы Бырранга, и южный, Пясинско-Хатангский. По водному балансу северный район характеризуется низкими значениями коэффициентов питания рек подземными водами и значительным коэффициентом поверхностного стока. Для Пясинско-Хатангского района характерны несколько большие величины коэффициента питания рек подземными водами и менее благоприятные условия стока с поверхности.

Наряду с долинами, занятыми современными водотоками, на отдельных участках Таймырской низменности в верховьях рек Янгоды, Боганиды, Дудьшты, Верхней Таймыры сохранились долины реликтовой гидросети, в настоящее время занятые цепочками озер. Поверхность равнины, особенно на склонах возвышенностей вблизи крупных речных долин, расчленена также густой сетью ложбин стока, рытвин, оврагов. В северной части полуострова, к западу от долины р. Ленинградской, широко развит крупнохолмистый рельеф

(плато Лодочникова). Между северной возвышенной частью полуострова, называемой Карским массивом, и горами Бырранга параллельно им располагается область сравнительно пониженного рельефа – Пясино-Фаддеевская депрессия, характеризующаяся пологоувалистым рельефом (Кушев, Леонов, 1964).

Горы Бырранга относятся к эрозионно-тектоническому типу рельефа. Они представляют собой систему параллельных и кулисообразных цепей и увалов складчато-глыбового строения, вытянутых с запада на восток почти на 100 км. Ширина горной системы от 50 км на западе до 180 км на востоке. Наиболее возвышена южная цепь (на западе абс. высоты 400–500 м, к востоку – до 800–900 м, отдельные вершины – до 1100–1200 м). Переход гор Бырранга к Северо-Сибирской низменности на западе постепенный, водоразделы здесь имеют плоские или пологоволнистые поверхности, к востоку переход к низменности в виде четкого уступа. Северные отроги гор Бырранга имеют облик холмисто-увалистых предгорий с абсолютными высотами 100–150 м, постепенно переходящих в серию морских террас; на востоке горы почти вплотную подходят к морскому побережью.

Цепи гор или увалы расчленены межгорными впадинами и речными долинами. Для большинства речных долин характерен троговый профиль, послеледниковые долины обычно U-образные или ящикообразные.

На крутых склонах гор Бырранга образуется маломощный элювиально-делювиальный грубообломочный чехол, у подножия обычные скопления грубообломочного материала в виде осей и конусов выноса. На пологих склонах очень часто наблюдаются каменные потоки, или курумы, шириной от нескольких до сотен метров, характеризующиеся хорошей сортировкой материала. Очень распространенная форма рельефа в горах Бырранга – ячеисто-ступенчатые образования, развитые на склонах долин, сложенных тонкопереслаивающимися литологически разнородными породами. Кроме того, повсеместно на выровненных участках здесь наблюдается широкое развитие морозобойных трещин, каменных колец диаметром до 1,5 м и каменных многоугольников.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРО- И НАНОРЕЛЬЕФА

Существенным фактором формирования почвенного покрова в тундрах и в мерзлотных районах вообще является криогенный микро- и нанорельеф. Наличие многолетнемерзлых пород в пределах всей рассматриваемой территории обуславливает развитие весьма разнообразных форм криогенного микро- и нанорельефа. При некоторой генерализации все это разнообразие можно свести к четырем основным типам поверхности, каждый из которых формируется под преимущественным влиянием какого-либо мерзлотного физико-геологического процесса.

В связи с континентальностью, суровостью и относительной су-

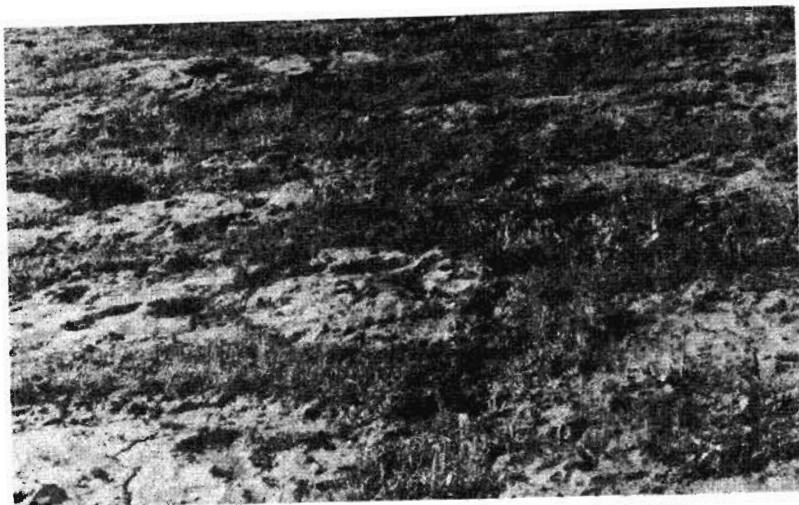


Рис. 2. Трещинно-нанопolygonальная тундра в районе стационара "Агала"

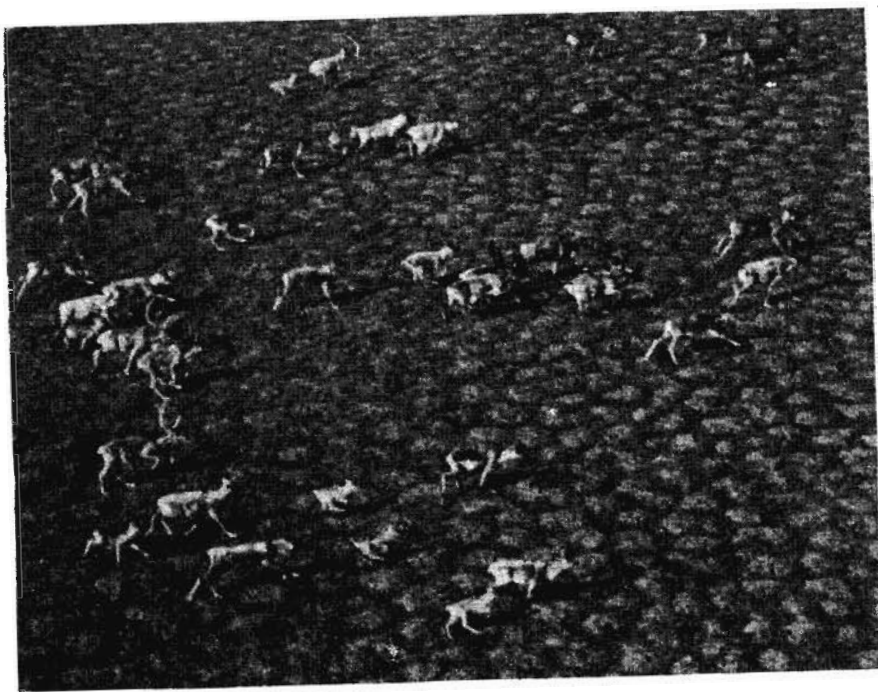


Рис. 3. Пятнистые трещинно-нанопolygonальные тундры севера Средней Сибири. Фото В.А. Зырянова

хостью климата на плакорах повсеместно во всех подзонах тундры преобладают полигональные формы нанорельефа (трещинно-нанопolygonальные тундры по Е.Н. Ивановой, 1962). При образовании такого типа тундры наблюдается следующая последовательность процессов (Достовалов, Кудрявцев, 1967): 1) растрескивание (морозобойное или вследствие усыхания) тонкодисперсных грунтов, слагающих слой сезонного протаивания; 2) образование на этой основе закрытых систем при неравномерном промерзании сезонноталого слоя; 3) развитие в закрытых системах напряжений, деформаций, а иногда и разрывов. Внешне пятнистые тундры этого типа представляют собой поверхности, покрытые пятнами лишнего растительности грунта, разделенные неглубокими трещинами с растительностью. Полигоны имеют неправильную форму, диаметр их 1,5-2 м (рис. 2, 3). Если участки расположены на склоне, то полигоны бывают вытянуты по направлению склона.

На легких почвообразующих породах могут образоваться трещины и полигоны неправильной формы без пятен, когда вся поверхность тундры покрыта растительностью (за исключением трещин).

В предгорьях Бырранга и на моренных холмах с россыпями остроугольных обломков, разрушенных при криогенном выветривании валунов, щебня, дресвы, широко распространены сети сортированных каменных многоугольников с песчано-мелкозернистым грунтом внутри каждой ячейки (Данилов и др., 1971). Ширина многоугольников около 0,5-1 м. На склонах каменные сети приобретают ориентировку вниз по уклону или имеют форму параллельных полос сортированного каменного материала, разграниченного полосами мелкозема и дресвы. Наличие полос указывает на то, что на склонах на смену морозобойному растрескиванию приходят процессы солифлюкции и криогенной сортировки материала в деятельном слое.

Каменные многоугольники и солифлюкционные полосы на склонах типичны и для собственно горных территорий севера Средней Сибири, но доля песчано-мелкоземистого материала на горных склонах невелика, в центре многоугольников расположены более мелкие обломки породы.

На высокой пойме и террасах рек севера Средней Сибири повсеместно распространен полигонально-валиковый рельеф, генетически связанный с наличием полигонально-жильных льдов (рис. 4). Вопросы образования и роста жильных льдов подробно рассматриваются в ряде работ мерзлотоведов (Достовалов, Кудрявцев, 1967). В данном случае мы остановимся на мерзлотных условиях долины Пясины, описанных И.Д. Даниловым, А.И. Поповым и Т.И. Смирновой (1971). Полигонально-жильные льды в отложениях высокой поймы Пясины в районе устья Тарей достигают значительного развития и образуют массивный ледяной каркас в пойменных отложениях. На поверхности поймы этой ледяной решетке соответствует рельеф полигонально-валикового болота. Ширина ледяных жил в верхней части доходит до 2-2,5 м, длина жил в пределах полигона - от 10-15 до 20-30 м.

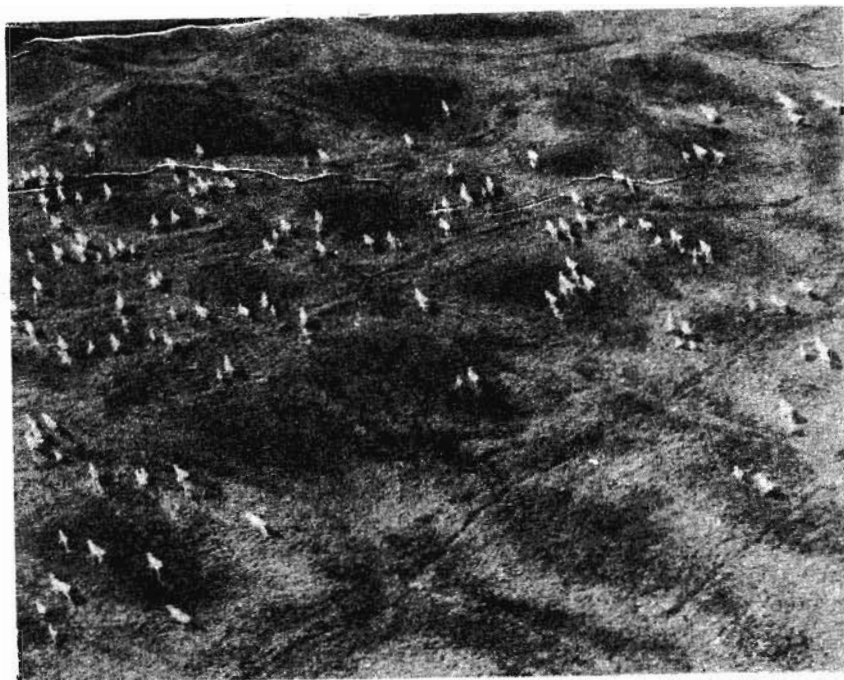


Рис. 4. Полигонально-валиковые болота на севере Средней Сибири.

фото В.А. Зырянова

В среднем течении Пясины на высокой пойме полигоны выражены четко, что свидетельствует о продолжающемся формировании льда в этом районе. На 20–25-метровой надпойменной террасе валики часто проседают, менее четко выражены; внутри полигонов образуются термокарстовые лужи и озерки, что свидетельствует о деградации, вытаивании льдов и о реликтовости полигонального рельефа. К югу выраженность полигонально-валикового рельефа уменьшается, но в районе устья Агапы, где проводились наши стационарные исследования, он выражен еще довольно четко, особенно на высокой пойме.

При обсыхании полигонов на II надпойменной террасе на смену полигонально-валиковым болотам приходят полигонально-валиковые пятнистые тундры. Этот тип пятнистых тундр чрезвычайно широко распространен на Таймыре. Он представляет собой закономерное чередование лишенного растительности пятна (или слегка заросшего), окружающего его валика-бордюра и трещины-канавки, отделяющей данный полигон от следующего.

Большую роль в формировании нанорельефа на террасах рек севера Средней Сибири играют процессы термокарста – вытаивания льда, сопровождающегося образованием просадочных форм рельефа.

Интенсивность термокарстовых процессов возрастает с севера на юг. Следствием этих процессов, кроме образования многочисленных озер, является также образование рельефа плоскобугристых торфяников на высоких надпойменных террасах. В низовьях Енисея широко распространены так называемые лайды – обширные просадочные образования (Шевелева, Хомичевская, 1964). В тундрах района Усть-Порта за счет термокарстовых процессов в льдонасыщенных грунтах образуются впадины глубиной 2 м и протяженностью от нескольких метров до 20–40 м и более.

Процессы мерзлотного пучения грунтов в тундрах Средней Сибири также имеют место, хотя, как это уже нами отмечалось, не так доминируют как в более гумидных тундрах. Образование бугров пучения связано с процессами миграции воды при промерзании и накоплением льда (Достовалов, Кудрявцев, 1967). Накопление льда в тех или иных точках может происходить за счет образования и сегрегационного льда вследствие миграции влаги под влиянием градиента температуры и влажности и путем передвижения воды под действием гидростатического давления, развивающегося в закрытых системах при промерзании.

Образующиеся при пучении грунта бугорки имеют различные размеры в зависимости от количества влаги, находящейся в деятельном слое (Ливеровский, 1965). На преобладающей части Таймырской низменности они минимальны. И.В. Игнатенко (1977) делит бугорки на низкие (<25 см), средние (25–40 см) и высокие (>40 см). Пучинно-бугорковый микро- и нанорельеф (Иванова, 1962) характерен для склонов холмов и гряд. В арктической и типичной тундрах в основном распространены мелкобугорокватые тундры, южнее встречаются и более крупные бугорки (рис. 5).

Бугорки подвергаются денудации и часто имеют на вершине лишенное растительности пятно (пятнистые пучинно-бугоркватые тундры). В кустарниковой тундре и лесотундре могут встречаться и более крупные бугры пучения, до 10–30 м высотой. Описаны они, в частности, в районе Усть-Порта (Шевелева, Хомичевская, 1964). Эти бугры генетически связаны как с процессами собственно пучения грунтов, так и с вытаиванием повторножильных льдов. Можно разделить морфологически крупно- и плоскобугристые торфяники. Первые распространены южнее. Бугры, образованные вследствие накопления инъекционного льда в крупных закрытых системах (булгуннях, гидролакколитах, пинго), для территории Таймыра не характерны.

* В заключение необходимо более подробно остановиться на происхождении пятен лишенного растительности грунта, так как это тесно связано с вопросами классификации и номенклатуры тех своеобразных природных образований, какими являются почвы пятен.

Вопросу происхождения пятен посвящена обширная литература (Сукачев, 1911; Городков, 1939; Ливеровский, 1934; Иванова, 1962; Игнатенко, Норин, 1969; и др.). Здесь мы считаем нецелесообразным рассматривать все гипотезы по поводу их образования.



Рис. 5. Бугорковатая тундра в долине р. Агапы. Фото Л.Г. Богатырева

Обзор литературы и собственные наблюдения позволят нам наметить основные причины и пути формирования на поверхности тундр Таймыра минеральных пятен, лишенных растительности. Это — излияние грунта на поверхность через разрывы в дернине, денудация бугорков с образованием на их вершине пятен, ветровая и снежная коррозия растительного покрова, морозобойное растрескивание верхних горизонтов почв, солифлюкционные процессы на склонах.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Территория Таймырского полуострова характеризуется сложным геологическим строением, обусловленным участием как осадочных формаций, от верхнего архея до современных, так и разнообразным комплексом магматических пород (Вакар, 1952; Урванцев, 1930, 1931, 1934; Сакс, 1948, 1953; и др.). Наиболее древние породы, относимые к архею и представленные гнейсовым комплексом,

слагают большой массив на побережье Карского моря, а также отдельные приподнятые блоки на Восточном Таймыре (Вакар, Егизаэров, 1965).

Отложения протерозоя распространены в северной и центральной частях п-ова Таймыр, среди пород этого возраста преобладают сланцы, доломиты, известняки, амфиболиты. Отложениями палеозоя сложена основная часть горной системы Бырранга; среди пород этого возраста наиболее распространены отложения перми, слагающие всю южную часть гор Бырранга и литологически представленные терригенными, преимущественно песчаниково-сланцевыми, осадками с большим содержанием углистого вещества.

Вся толща отложений пермской системы пронизана здесь многочисленными пластовыми интрузиями основного состава. Меньшим распространением пользуются отложения других систем палеозоя. Породы кембрия, сложенные песчано-глинистыми и карбонатными разностями, простираются в виде полос в северной части полуострова, отложения ордовикской и силурийской систем, представленные терригенно-карбонатными толщами (известняки, доломиты, сланцы), обнажаются на разобренных участках в центральной части гор Бырранга (Вакар и др., 1953; Дибнер, 1959).

Известковые толщи каменноугольной системы широкой полосой протягиваются в центральной части гор Бырранга, образуя небольшие разобренные выходы; к породам этого возраста относятся известняки возвышенностей Киряка-Тас, Тулай-Киряка-Тас, а также останцовые поверхности в средней и восточной предгорной части Бырранга, прилегающей к Северо-Сибирской низменности.

Вся поверхность Северо-Сибирской низменности покрыта сплошным плащом четвертичных отложений, лежащих на осадочных породах палеозоя и представленных всеми четырьмя отделами системы (Сакс, 1948, 1953; Воскресенский, 1962; Стрелков, 1965; Троцкий, 1966; Гудина и др., 1968; Сухорукова, 1975). Аллювиальные, морские и ледниковые отложения ранне- и среднечетвертичного возраста повсеместно перекрыты верхнечетвертичной толщей, образованной отложениями бореальной морской трансгрессии, зырянского оледенения и послеледниковыми озерно-аллювиальными. Морские осадки бореальной трансгрессии делятся на три свиты: нижнюю, преимущественно песчаную; среднюю, глинисто-алеваритистую санчуговскую, и верхнюю, супесчаную казанцевскую.

Типичные моренные отложения зырянского оледенения, представленные серыми песками с прослоями супесей и суглинков и с включением траппового валуново-галечного материала, перекрывают морские осадки на большей части территории, слагая современный холмисто-грядовый рельеф. С поверхности зырянские отложения на плоских участках часто прикрыты плащом суглинков мощностью 0,5–1,5 м.

Наступившее в конце зырянского времени замедление стока в связи с повышением базиса эрозии обусловило частичный размыв моренных отложений, сопровождавшийся накоплением в понижениях

ледникового рельефа озерно-аллювиальных осадков каргинского межледниковья. Формирование их происходило в условиях полупроточных водоемов, образовавшихся на различных гипсометрических уровнях. В разрезах озерно-аллювиальных отложений преобладают пески и суглинки с прослоями торфов и остатками млекопитающих (Попов, 1950). Присутствующую в этих отложениях морскую фауну большинство исследователей рассматривает как переотложенную.

В долине Пясины и ее крупных притоков каргинские супесчаные и суглинистые отложения, слагающие широкие выровненные поверхности, ложатся непосредственно на морские алевритистые осадки санчуговского возраста, образуя вторую надпойменную террасу рек, прислоненную к зырянским отложениям. Современные четвертичные отложения предстали в долинах рек супесчаным и песчаным аллювием первой надпойменной террасы и поймы, образовавшейся в голоцене, а также склоновыми элювиально-делювиальными покровными суглинками с валунами и щебнем, местами валунно-глыбовыми россыпями, образовавшимися в за счет выдувания и выноса мелкозема. Максимальная мощность четвертичных отложений 100-175 м, на востоке низменности, в бассейне Хатанги, - 50 м. На вершинах сопков четвертичные отложения отсутствуют (Сакс, 1953).

Необходимо коротко остановиться на основных этапах истории развития Таймырского полуострова в плейстоцене. Раннечетвертичный период на территории Таймыра характеризовался значительным похолоданием, которое, по мнению В.Н. Сакса (1948) и других исследователей, привело к образованию многолетней мерзлоты. По некоторым данным, промерзание осадочных толщ произошло в конце плейстоцена - начале голоцена (Попов, 1959). Начало среднечетвертичного времени знаменовалось морской трансгрессией, захватившей всю Северо-Сибирскую низменность, которая сменилась максимальным самаровским оледенением. Последующее опускание территории обусловило возникновение бореальной морской трансгрессии, которая шла с запада и захватила всю низменность до гор Бырранга (Троицкий, 1966).

Наибольшее развитие трансгрессия получила в санчуговское время, для которого характерны отложения значительной толщи морских глин и суглинков. Последующая регрессия привела к образованию мелководного казанцевского моря, существование которого сопровождалось накоплением песков и супесей с фауной.

В начале зырянской эпохи произошло поднятие и осушение низменности, обусловившее образование обширной равнины, захватывающей часть шельфа современного Карского моря. Поднятие сопровождалось глубоким эрозионным врезом гидросети в толщу бореальных морских отложений. Последующее оледенение шло с гор Бырранга и не имело покровного характера. В конце зырянского времени при интенсивном таянии ледника шло формирование современного холмисто-грядового рельефа равнинной части полуострова. Следует отметить, что холмы здесь, в ядре, нередко сложены санчуговскими

морскими осадками, что заставляет некоторых исследователей сомневаться в их моренном происхождении.

Послезырянское время, сопровождающееся повышением базиса эрозии, характеризуется накоплением озерно-аллювиальных отложений. Значительная часть исследователей считает, что в каргинское время море не проникло в пределы Северо-Сибирской низменности, однако, по мнению других (Данилов и др., 1971), трансгрессия в этот период могла иметь ингрессионный (по существующим долинам рек) характер.

Последующий врез гидросети в связи с понижением базиса эрозии обусловил, в частности, образование каргинской эрозионной террасы в долине Пясины и ее наиболее крупных притоков. Некоторые исследователи (Данилов и др., 1971) считают, что на самых ранних стадиях формирования современной долины Пясины (возможно, под воздействием меньшей по размерам пра-Пясины) на каргинской террасе произошло отложение маломощного супесчаного аллювия, который почти сплошным плашом покрывает ее поверхность. На древнеаллювиальный генезис каргинских террас указывает и повсеместно наблюдаемый здесь деградировавший в процессе термокарста полигонально-валковый мерзлотный микрорельеф, в настоящее время четко выраженный только на поверхности высокой поймы.

ПОЧВООБРАЗУЮЩИЕ ПОРОДЫ

Сложность палеогеографии четвертичного периода и наличие в связи с этим отложений разнообразного генезиса обуславливают соответственно и неоднородность почвообразующих пород. В пределах Таймырской низменности на водораздельных участках почвообразующими породами, как правило, являются моренные и морские тяжелые суглинки и легкие глины, реже - легкие и средние суглинки со щебнем, в предгорьях гор Бырранга, а также на востоке низменности - с включением обломочного материала карбонатных пород. В правобережной части долины р. Агапы, в ее нижнем течении и левобережье р. Дудышты в качестве почвообразующих пород нередко выступают казанцевские пески и супеси морского генезиса.

Своеобразием отличаются двучленные почвообразующие породы каргинских террас, где маломощный супесчаный аллювиальный нанос подстилается толщей легких суглинков с галькой древнего озерно-аллювиального или морского генезиса; на дренированных приподнятых участках этих террас нанос обычно прорван излияниями подстилающего суглинистого пльвуна, образующего минеральные пятна и полосы, лишенные растительного покрова. На первой надпойменной террасе и высокой пойме почвообразующей породой обычно является толща мелкозернистых супесей и песков с прослоями аллохтонного торфа и растительного детрита.

В табл. 3 представлены данные, характеризующие механический состав основных групп почвообразующих пород Таймыра. Весьма существенной особенностью гранулометрического состава пород явля-

Таблица 3

Механический состав почвообразующих пород Таймыра, %

Порода	Место отбора образца	Потеря от обработки HCl, %	Размер частиц, мм	
			> 1	1-0,25
Морские глины	Долина р. Пясины (устье р. Агапы)	5	-	1
	Долина р. Тарей	6	-	<1
	Долина р. Янгоды	4	-	1
Морские суглинки	Долина р. Колсой	5	-	4
	Долина р. Пуры	1	-	1
	Долина р. Янгоды	9	10	17
Моренные суглинки	Верховья р. Пясины	4	4	6
	Среднее течение р. Пясины	4	-	3
	Пойма р. Тарей	4	-	2
Аллювиальные глины	Пойма р. Верхней Таймыры	4	-	<1
	Пойма р. Пясины	1	-	45
Аллювиальные супеси	Пойма р. Агапы	1	-	8
	Горы Бырранга	2	-	5
Элювио-делювий коренных пород		1	42	26

ется сравнительно небольшое содержание крупнопылеватой фракции, чрезвычайно характерной для покровных отложений Севера. По данным Н.А.Караваевой для тундр Северной Якутии (1969), И.В.Игнатенко для восточноевропейской тундры и лесотундры (1972) и по данным многих других исследователей, пылеватая фракция в почвообразующих породах, преобладающих на водоразделах во многих равнинных тундрах, составляет от 40 до 60%.

Из проанализированных фракций в большинстве типов почвообразующих пород Таймыра количественно преобладают три: мелкого песка, крупной пыли и ила. Наиболее вариабельна в пределах всех типов пород фракция среднего песка (1-0,25 мм), представляющая собой обломки пород; наименее - мелкие фракции, особенно фракция

	Размер частиц, мм					
	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
	11	28	14	15	25	55
	11	26	17	26	14	57
	7	8	3	26	51	80
	28	23	8	9	23	40
	36	24	6	14	18	38
	30	17	5	6	16	27
	42	3	9	13	23	45
	26	32	22	1	12	35
	24	44	6	6	16	28
	26	28	9	15	28	52
	26	8	4	2	14	20
	70	11	4	2	4	10
	79	7	3	1	3	7
	28	17	10	12	6	28

ила и суммарная фракция физической глины, представляющие собой конечные продукты дробления пород и минералов.

Геологи-четвертичники (Сакс, 1953; Сухорукова, 1975) неоднократно отмечали, что четвертичные отложения низменности обогащены минералами тяжелой фракции, в частности пироксенами. Минералы тяжелой фракции чаще всего составляют от 2 до 5%, реже 10% (Сухорукова, 1975). В санчуговских отложениях в тяжелой фракции пироксены могут составлять 30-50 и даже 70%. В зырянских моренах обнаруживается иногда и до 90% пироксенов (в тяжелой фракции). В каргинских морских отложениях фиксируется амфиболово-пироксеновая ассоциация минералов тяжелой фракции.

В гальке и валунах почти повсеместно и в отложениях разного возраста преобладают породы траптовой формации. Например, в санчуговских морских отложениях в обломочном материале траппы составляют 82% (долерит 15, базальт 67%; Сухорукова, 1975), в зырянских моренных отложениях валуны также представлены преимущественно траппами. Все это говорит о том, что принос материала шел в основном со Среднесибирского плоскогорья и с гор Бырранга.

Наши исследования минералогического состава крупных фракций почвообразующих пород равнинной части Таймыра также подтвердили повсеместное преобладание траппов в составе обломочного и песчаного материала. В предгорьях и на склонах гор Бырранга преобладают дресвянистые и щебнистые супеси и суглинки, представляющие собой дериваты коренных пород (разнообразных песчаников, сланцев, траппов, местами гранитоидов или карбонатных пород).

Существует также и другая черта, объединяющая рыхлые почвообразующие породы равнинной части территории и проявляющаяся в общности состава их глинистого материала, вторичные минералы которого на 70–80% представлены минералами группы монтмориллонита (Васильевская, Иванов, 1971; Градусов, Иванов, 1974; Зверева, Игнатенко, 1974). Преобладавшее ранее представление, что в глинистом материале четвертичных отложений севера всегда доминируют гидрослюды с примесью каолинита и монтмориллонита, не подтверждается нашими и другими исследованиями (Сухорукова, 1975). Ледниковые и морские отложения Таймырской низменности, как правило, имеют монтмориллонитовый состав глинистого материала. В случае образования отложений за счет размыва подстилающих пород низменности в составе глинистой фракции формируются амфибол-эпидот-пироксеновые ассоциации минералов с гидрослюдой (Сухорукова, 1975). Но породы такого типа имеют подчиненное значение и реже выступают в качестве почвообразующих.

Обогащенность материала, поступающего со Среднесибирского плоскогорья, минералами смектитовой группы объясняется особенностями постмагматического гидротермального преобразования базальтов плато Путорана (Разумова, 1977), в процессе которого идет метасоматическое перерождение горных пород (глинизация). Формирующиеся древние коры выветривания в процессе глинизации обогащаются вторичными минералами, чаще всего монтмориллонитом, хлоритом, на более поздних стадиях выветривания иногда каолинитом (Лисицына, 1973). При рентгендифрактометрическом изучении собранных нами в пределах северо-западной части плато образцов элювио-делювия долеритов и базальтов была обнаружена в их мелкоземной ассоциации минералов, свойственная зонам гидротермальной пропилитизации основных пород: триоктаэдрическое хлорит-смектитовое смешанослойное образование (преобладает), хлорит, тальк, полевошпат, иногда гидрослюда¹.

¹ По личному сообщению Б.П.Градусова.

Аналогичные данные были получены также и для протоочки щебня долеритов и базальтов. В глинистой фракции мелкозема из других районов плато также преобладали смешанослойные образования и минералы монтмориллонитовой группы (Соколов, Градусов, 1978; Ендрихинский, 1975). В процессе эпигенетических изменений, происходящих при неоднократном переотложении твердого стока с плато в пределах низменности, неустойчивые минералы типа неупорядоченного хлорит-смектита могли трансформироваться в сторону смектитов.

Наиболее отчетливо влияние материала, поступающего со Среднесибирского плоскогорья, сказывается в прилегающей части низменности. К северу его влияние постепенно ослабевает, и по мере приближения к горам Бырранга в составе глинистого материала уже весьма значительна роль гидрослюды и хлорита (до 40–50%; Градусов, Иванов, 1974).

Обсуждение материалов о вещественном составе почвообразующих пород Таймыра позволяет объяснить и особенности их гранулометрии. Значительное содержание илистой фракции в суглинках и глинах разного генезиса, но особенно в морских (25–50%) несомненно связано с обилием как смектитового компонента, так и основных плагиоклазов и пироксенов в составе первичных минералов, которые легко подвергаются выветриванию и при криоэлювиальных процессах легко дробятся до мелкой пыли и ила. При анализе мелкозема почв, формирующихся на маломощном элювио-делювии базальтов и долеритов плато Путорана, нами были получены также довольно высокие показатели по содержанию ила (20–30%). Оглинивание почв, формирующихся на основных породах, объясняется тем, что они практически не содержат инертных к выветриванию минералов, которые могли бы относительно накапливаться (Соколов, 1973). Этот глинистый материал плато также внес существенный "вклад" в формирование мелкозема низменности.

Отсутствие подавляющего количества крупнопылевой фракции в криопелитах Таймыра связано, по нашему мнению, с одной стороны, со сравнительной обедненностью крупных фракций породами, содержащими кварц – основной минерал, дающий при дроблении крупный алеврит, с другой – относительной молодостью четвертичных отложений, где, возможно, дробление "дошло" еще только до стадии мелкого песка (0,25–0,05 мм; одна из трех фракций, преобладающих в осадочных породах Таймыра).

Формирование преимущественно илистого материала при выветривании базальтов, кристаллических и глинистых сланцев (т.е. тонкозернистых пород) было отмечено также и для илов Аляски Тейбером (Taber, 1953; русск. перевод, 1958). Указанный автор наблюдал формирование тонкого илистого чехла за счет морозной дезинтеграции на лавовых потоках 2–3-тысячелетнего возраста. Накопление мощных толщ илов (по Тейберу) происходит путем дальнейшего переотложения этих продуктов выветривания водой (главным образом) и ветром.

Преобладание на большей части Таймырской низменности суглинистых и глинистых пород и наличие мерзлоты определяют (наряду со слабым испарением) повсеместное развитие оглеенных почв. Однако интенсивная расчлененность рельефа речной сетью, наличие среди форм рельефа многочисленных холмов и гряд разного генезиса создают хорошие условия для бокового оттока верховодки и для ослабления в ряде случаев глеевых процессов.

Легкие по механическому составу отложения в пределах Таймыра встречаются на ограниченных территориях, что вызывает и небольшое распространение почв с хорошим внутренним дренажем. Сухая малоледистая мерзлота и хороший дренаж наблюдаются лишь на шепнистых отложениях в пределах гор Бырранга.

Условия для формирования и преимущественного распространения болотных почв создаются на слаборасчлененных террасах рек и в обширных депрессиях ледникового и термокарстового происхождения или в долинах реликтовой гидросети.

Преобладание граплов в составе обломочного и песчаного материала обеспечивает присутствие в почвообразующих породах и формирующихся на них почвах большого количества богатых основаниями железосодержащих минералов, к тому же сравнительно легко выветривающихся. Доминирование в глинистом материале минералов группы монтмориллонита должно способствовать формированию высокой емкости поглощения почв, насыщенности поглощающего комплекса основаниями. Наличие многочисленных выходов карбонатных пород в пределах гор Бырранга обуславливает высокий уровень карбонатности четвертичных отложений расположенных южнее районов Таймырской низменности.

Повсеместное распространение и большое разнообразие криогенных форм микро- и нанорельефа создают условия для формирования сложной структуры растительного и почвенного покрова, их комплексности и мозаичности.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Роль биологического фактора почвообразования в тундрах не менее важна, чем в других природных зонах. Учитывая сравнительно малую изученность тундр Таймыра, мы посчитали целесообразным наряду с выяснением роли тех или иных организмов в почвообразовании дать и подробное описание растительности, животного мира и закономерностей распределения микроорганизмов.

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ТЕРРИТОРИИ

Изучение флоры п-ова Таймыр началось в середине XIX в. К настоящему времени можно отметить несколько пунктов, где состав конкретных флор определен довольно детально (Толмачев, 1932). Кроме того, на трех биогеоценологических стационарах "Тарей", "Агапа", "Ары-Мас" детально описана растительность, ее структу-

ра и продуктивность (Матвеева, 1968, 1970; Матвеева и др., 1973; Ходачек, 1969; Полозова и Тихомиров, 1971; Александрова, 1971; Поспелова, Жаркова, 1972; Поспелова, 1972а,б, 1973, 1974; Норин и др., 1971; Игнатенко и др., 1973; Благодатских, 1973; Боч, Василевич, 1975; Павлова, 1969, 1970; Пийн, Трасс, 1971; Варгина и др., 1978; Норин, Кнорре, 1978; Степанова, Томилин, 1971а,б).

Большой объем геоботанических исследований на Таймыре выполнен сотрудниками Красноярской комплексной землеустроительной партии МСХ РСФСР и Якутской изыскательной партии Росгипрразема. Существенный вклад в изучение растительности Таймырского национального округа и в определение кормовых запасов внесли также работы Р.П.Щелкуновой, сотрудницы Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крайнего Севера (Щелкунова, 1976).

На плакорных местообитаниях в пределах Таймыра, как и в целом в Арктике, развиты два зональных типа растительности: - тундровый и полярно-пустынный (Городков, 1935; Александрова, 1977). Тундровый тип растительности включает в себя полидоминантные сообщества гипоарктических, арктических и арктоальпийских кустарников, кустарничков, травянистых многолетников, мхов и лишайников (в разном сочетании), отличающихся мозаичностью сложения и развивающихся на автономных почвах (Александрова, 1977). Полярные пустыни представлены растительными группировками лишайников, мхов, печеночников с участием арктических (преимущественно высокоарктических) и арктоальпийских трав, развивающихся также в автономных условиях.

Почти вся территория Таймырского полуострова расположена в тундровой зоне. Лишь северная оконечность в районе мыса Челюскин относится к зоне полярных пустынь (Матвеева, Чернов, 1976). Растительность здесь развита куртинами, большая часть грунта практически не затронута почвообразованием. Торфа почти нет. Вся поверхность подвергается полигональному растрескиванию. Полигоны пяти-шестиугольной формы, диаметром 0,5 м, реже до 1 м. Авторами описано 46 видов растений 12 семейств и 22 родов. Это арктические и арктоальпийские циркумполярные виды. Преобладают виды рода *Cetraria* и *Thamnolia vermicularis*.

По мнению Н.В.Матвеевой и Ю.И.Чернова, смена полярных пустынь арктическими тундрами происходит примерно на широте 77°, т.е. на широте залива Терезы Клавенес. Для полярной пустыни мыса Челюскин характерны следующие признаки.

1. Сильная разреженность растительного покрова, разорванность дернины, первичность голых грунтов.
2. Замедление темпов разложения органических остатков и торфонакопления.
3. Сосредоточение жизни в узкой пленке, отсутствие вертикальной дифференциации, общая "миниатюризация" жизни.
4. Резкое обеднение флоры и фауны.

Таблица 4

Геоботаническое районирование тундры

Городков, 1935	Александрова, 1977
Тундровая зона	Тундровая область
Подзоны:	
арктических тундр, типичных мохово-лишайнико- вых тундр,	Подобласть арктических тундр Подобласть субарктических тундр:
	северная полоса
	средняя полоса
южных кустарниковых тундр	южная полоса

5. Смена доминантов в растительном покрове по сравнению с тундровой зоной: абсолютное преобладание мхов и лишайников, минимальная роль цветковых, отсутствие кустарников.

6. Образование подушкообразных форм растений.

7. Отсутствие разнотравно-элаковых луговин и болот.

В геоботаническом районировании тундр нет четко устоявшейся терминологии. Наиболее полно в современной литературе эти вопросы освещаются в работах В.Д.Александровой (1977). Она же наиболее четко сформулировала особенности зональной смены растительных сообществ в тундрах по мере движения с севера на юг. Однако прежняя терминология (зоны, подзоны) и названия подзон тундр (арктическая, типичная и южная), данные еще Б.Н.Городковым, более привычны и более часто употребляются пока как в почвенной, так и в геоботанической литературе.

В табл. 4 мы приводим сравнительное расположение этих двух систем названий и в тексте будем придерживаться терминологии Б.Н.Городкова, тем более что территориально указанные выделы почти совпадают (во всяком случае, для равнинных тундр Таймыра).

Тундровая зона характеризуется развитием на плакорах растительности тундрового типа (Александрова, 1977). Ему сопутствуют и другие неплакорные типы растительности: заросли гипоарктических кустарников, тундровые луговины, лишайниковая и мохово-лишайниковая растительность каменистых россыпей, травяно-гибновые (не-комплексные) болота, бугристые и полигональные комплексные болота, луга, редколесья и стланиковые сообщества.

Для подзоны арктических тундр (подобласть арктических тундр) типичны синузиды арктоальпийских и арктических кустарничков (*Salix polaris*, *Dryas punctata*, *Cassiope tetragona* и др.). В арктических тундрах не встречаются заросли кустарников, стланиковые и редколесные сообщества, нивальные луговины. Граница с более

южными вариантами тундр проходит примерно по изотерме июля 6° (Александрова, 1977).

Наши наблюдения показывают, что широтное размещение зональных и подзональных полос растительности на Таймыре существенно осложняется, с одной стороны, наличием на севере полуострова горной системы Бырранга и, с другой – континентальностью и суровостью климата, при котором своеобразная вертикальная зональность растительности проявляется уже при превышениях в несколько десятков метров. Так, в частности, подзона арктических тундр на Таймыре в значительной мере широтно совпадает с грядками гор Бырранга. В защищенных от северных ветров, долинах рек нами были встречены заросли кустарниковых ив (*Salix lanata*, *S. reptans*) высотой до 0,5 м (верховья Верхней Таймыры, ее притока Больш. Шайтана и др.). Там же на бровках полигонально-валиковых болот встречалась карликовая березка, которая "не должна" заходить в пределы арктических тундр. И наоборот, значительно южнее, уже в подзонах типичных и даже южных тундр, на водораздельных грядах встречаются пятнистые дриадово-моховые и дриадово-осоково-моховые тундры, имеющие облик арктических.

Р.П.Щелкунова в пределах арктической подзоны Таймыра выделяет следующие типы тундр: кустарничковые каменистые, дриадово-лишайниковые пятнистые, дриадово-аулакомниевые пятнистые, осоково-дриадово-моховые пятнистые, травяно-дриадово-моховые (Щелкунова, 1976). Как видно из этого перечня, в арктической тундре широко развита оголенность грунта, хотя встречаются и участки тундр со сплошным растительным покровом. В отличие от полярно-пустынных фитоценозов в арктических пятнистых тундрах корневые системы растений под оголенными пятнами смыкаются (Александрова, 1962). Наши наблюдения подтвердили это положение. Почвы пятен во всех подзонах тундры на Таймыре чрезвычайно интенсивно пронизываются корнями растений, что способствует их прогумусированности.

Южная граница арктических тундр на Таймыре, по данным Р.П.Щелкуновой и по нашим наблюдениям, проходит примерно по линии (с запада на восток) р. Гольчиха – долина р. Нижняя Буотангка – низовья р. Тареи – р. Верхняя Таймыра (от устья р. Луктах и ниже) – южная оконечность заливов оз. Таймыр (Байкура-Турку и Байкура-Неру) и далее на восток до мыса Гольгина в Хатангском заливе.

В типичных и южных тундрах (подобласть субарктических тундр) на плакорах формируются сообщества с доминированием синузид гипоарктических кустарников и кустарничков, в которых главенствующую роль играют карликовые березки (*Betula nana*, *B. exilis*).

Кроме того, в растительном покрове типичных и южных тундр значительное участие принимают как бореальные элементы флоры (*Larix dahurica*, *L. gmelinii*, *Deschampsia flexuosa*, *Comarum palustre* и др.), так и арктические (*Carex ensifolia* ssp. *arctisibirica*, *Arctagrostis latifolia* и др.).

Для неплакорных местообитаний этих подзон тундры характерны плоскобугристые и полигонально-валиковые болота, заросли кустарников, луга в долинах рек, нивальные луговины, редколесные и стланиковые сообщества. Различия между типичными и более южными кустарниковыми тундрами заключаются в увеличении к югу роли карликовой березы, ее размеров, обилия. К югу также происходит постепенная замена полигонально-валиковых болот плоскобугристыми. Следует отметить, что полоса южной кустарниковой тундры на Таймыре почти не выражена. Типичные тундры часто переходят непосредственно в полосу лиственничных редколесий и редины, т.е. в подзону (или зону) лесотундры. Кустарниковые тундры обычно бывают приурочены лишь к обширным долинным или озерным депрессиям в подзоне типичных тундр (рис. 6).

В подзоне типичных тундр широко представлены пятнистые тундры (кассиопеево-голубично-кладониево-аулакомниевые, ерниково-ивово-дриадово-моховые и др.). Довольно большие территории заняты также бугорковатыми и кочкарными тундрами (кустарничково-осоково-пушицево-лишайниковые, голубично-осоково-пушицево-моховые и др.). Типичные тундры (северная и средняя полоса субарктической тундры) занимают большую часть Таймырской низменности (рис. 7).

Растительность лесотундры в пределах Таймыра изучена слабо. Наиболее детально исследован только самый северный в нашей стране лесной массив Ары-Мас, расположенный на $72^{\circ}30'$ с.ш. в долине р. Новой (приток р. Хатанги). Этот массив был замечен А.И.Толмачевым (1931), а первое описание растительности было сделано Л.Н.Тюлиной в 1934 г. (1937). С 1967 г. на территории Ары-Маса работает комплексный стационар Ботанического института АН СССР и сотрудниками его опубликовано много работ, характеризующих его флору, растительный покров, продуктивность фитоценозов (Норин и др., 1971; Кнорре и др., 1971; Игнатенко и др., 1973; Кульгина и др., 1974; Варгина и др., 1978; Норин, Кнорре, 1978).

Зональной растительной группировкой в пределах Ары-Маса является нанопolygonальная пятнистая тундра, но в более благоприятных местообитаниях (на склонах холмов, террасах реки) большие площади занимают лиственничные редколесья из *Larix gmelinii* и редины. Таким образом, на данном участке лесотундровый тип растительности тесно контактирует с самым северным вариантом подзоны типичных тундр. В редколесье сомкнутость крон лиственниц составляет 0,1–0,5. Кустарниковый ярус представлен *Betula exilis* и *Ledum decumbens*. В травяном ярусе преобладает *Carex ensifolia* ssp. *arctisibirica*.

Лишайниково-моховой покров сплошной, преобладают в нем *Hylocomium splendens* var. *alaskanum*, *Ptilidium ciliare*, *Aulacomnium turgidum*, *Tomenthypnum nitens*.

Участие лишайников очень небольшое (20–30% покрытия). Нанорельеф редколесья плоскобугорковый, с морозными трещинами.



Рис. 6. Кустарниковая тундра в бассейне р. Пясины. Фото Л.А. Колпашикова



Рис. 7. Ландшафт типичной тундры. Фото Л.А. Колпашикова

В редицах сомкнутость крон меньше 0,1; кустарниковый ярус, как правило, не развит, в травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Cassiope tetragona* и *Carex ensifolia* spp. arctisibirica, в моховом покрове — *Hylacomium splendens* var. *alaskanum*. В редицах на поверхности бугорков часто встречаются пятна обнаженного грунта.

В горах Бырранга проявляется вертикальная поясность растительности. Изучен район слабо, но все-таки ориентировочное представление о характере растительности по высотным поясам уже есть (Жадринская, 1970). Горные арктические тундры занимают нижний пояс гор и увалов до высоты 300–350 м. По структуре и богатству флоры эти тундры мало отличаются от равнинных арктических тундр. Здесь преобладают разнотравно-моховые группировки с преобладанием мхов *Hylacomium proliferum*, *Rhacomitrium hypnoides* и др. В травянистом покрове господствуют злаки, осоки, разнотравье, встречается ива полярная (*Salix polaris*). На наиболее сухих местобитаниях преобладают дриадовые тундры. В сильноувлажненных ложбинах развивается сплошной растительный покров из мхов (*Drepanocladus revolvens*, *Ptilidium ciliare*, *Calliergon samentosum*, *Camptothecium trichoides*).

Пояс обедненных горных тундр гор Бырранга расположен на высоте 300–600 м. По площади здесь преобладают каменистые россыпи, каменные поля и полосы, где большое развитие получают накипные лишайники. На щебнистых грунтах появляется мохово-лишайниковый покров; отдельными участками встречаются дриадовые тундры и осоково-моховые болота.

Пояс горных арктических пустынь приурочен к наиболее высоким горным участкам (более 600 м). Растения в этом поясе (кроме накипных лишайников) растут небольшими куртинами в наиболее благоприятных условиях на горных примитивных органогенно-щебнистых почвах. Видовой и количественный состав цветковых растений настолько беден, что сосудистые растения не играют роли эдификаторов. Из цветковых преобладают виды из родов *Saxifraga* и *Draba*, есть и злаки.

Особенности распределения фитомассы в различных типах тундровых ландшафтов, характер поступления и разложения растительных остатков на почву и в почву, специфика биологического круговорота зольных элементов и азота будут рассмотрены нами специально в том разделе работы, который посвящен процессам почвообразования. Здесь же необходимо отметить те черты растительного покрова Таймыра, которые представляют интерес с точки зрения непосредственного влияния на процессы почвообразования. Прежде всего это четко выраженная его комплексность, мозаичность, связанная с характером микро- и нанорельефа. Далее важной особенностью его является значительное участие мхов в структуре тундровых и болотных фитоценозов, при этом в тундровых моховых синузиях преобладают мезоэвтрофные виды: *Tomenthypnum nitens*, *Hylacomium splendens* var. *alaskanum*, *Aulacomnium turgidum*, *Ptilidium ciliare*.

НАЗЕМНЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ ТАЙМЫРА И ИХ РОЛЬ В ПРОЦЕССАХ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

При обсуждении вопросов, связанных с влиянием биологического фактора на почвообразование, чаще всего ограничиваются анализом растительного покрова территории, незаслуженно забывая об огромной роли в почвообразовании позвоночных и беспозвоночных животных, в больших количествах населяющих почву. Животные влияют на почвообразование главным образом двумя путями: участием в разложении и минерализации органического вещества и механическим воздействием на почву (Абатуров, 1976).

Используя органическое вещество растений в пищу, животные механически его разрушают, измельчают, в их организме оно подвергается биохимическим превращениям. Вследствие этих воздействий органический материал, поступивший в почву, представляет собой благоприятный субстрат для заселения микроорганизмами. Механическое воздействие животных на почву проявляется наиболее ярко при их роющей деятельности и при вытаптывании; в тундровых ландшафтах наиболее важными оказываются следующие виды механической работы животных: 1) рытье почвенного покрова при рытье нор, вызывающее улучшение аэрации и теплового режима, условий дренажа (пески, лемминги, полевки); 2) создание микро- и микрорельефа за счет прокладывания многочисленных троп, подснежных переходов и т.д. (олени, лемминги) и неравномерного выедания растений разных видов (гуси); 3) создание некоторыми группами беспозвоночных и леммингов агрегатной структуры почв.

При общем дефиците элементов минерального питания растений, особенно азота и фосфора, в тундрах приобретает важную роль и фактор удобрения локальных участков экскрементами и погадками животных.

В связи с большей ролью животных в процессах почвообразования в тундрах мы сочли возможным дать краткое описание их животного мира. На это казалось важным также с точки зрения перспектив хозяйственного освоения территории. Механический состав почв, их химизм в свою очередь непосредственно или через растения влияют на характер размещения ряда животных, на их кормовую базу, т.е. играют далеко не второстепенную роль в экологии зверей и птиц, в том числе и промысловых видов.

Длинная зима с низкими отрицательными температурами, сильными ветрами, частыми пургами сильно осложняет существование животных в тундрах Таймыра. На зиму в арктической и типичной тундрах остаются песец, заяц-беляк, горностаг, ласка, лемминги (сибирский, копытный), белая сова, тундряная и белая куропатки (Геллер, 1974). Более чем на полгода в лесотундру и северную тайгу уходит основная масса диких северных оленей, за ними двигаются волки. Отлетают южнее куропатки. В годы депрессии численности мышевидных грызунов откочевывают на юг, в более кормные места, и песцы.

Однако в короткое тундровое лето (около двух месяцев), а также весной и осенью (полтора месяца), тундры населяются многими видами животных. На Таймыре в это время обитает более 120 видов птиц и 30 видов млекопитающих (Геллер, 1974).

Это богатство видового состава объясняется тем, что из-за отсутствия постоянного населения фауна подвергалась значительно меньшему влиянию человека по сравнению с фауной других районов тундр (европейских, американских и др.). Кроме того, эти районы из-за суровых климатических условий и малого количества кормов для домашних оленей не использовались для оленеводства, что также способствовало сохранению естественной фауны, в частности процветанию дикого северного оленя (Сдобников, 1959).

Среди животных в биогеоценозах тундр и арктических пустынь важную роль играют птицы. На Таймыре наиболее полно представлены отряды воробьиных, куликов, пластинчатоклювых и чаек (Рутилевский, 1970). Наибольшее промысловое значение имеют пластинчатоклювые: гусь гуменник (*Anser fabalis*), белолобый гусь (*Anser albifrons*) и чернозобая казарка (*Branta bemica*). Весьма характерен для Таймыра редкий вид – краснозобая казарка (*Branta ruficollis*). Общая численность пластинчатоклювых в типичной тундре составляет 80–100 птиц на 1000 га, из них, по данным авиаучета 1966 г., в типичной и арктической тундрах насчитывается 28 особей на 1000 га, а в южной тундре 23. Общий запас гусиных около 500 тысяч при биомассе 0,004 кг/га (Якушкин и др., 1969).

На территориях кормежек и гнездования плотность гусиных может достигать еще больших величин. В месте скопления гусей постепенно происходит выедание наиболее ценных в кормовом отношении растений (пушица, дюпонция Фишера, арктофила) и пушицево-моховые тундры по берегам озер постепенно сменяются моховыми (Тихомиров, 1959); появляется мелкокочковатый рельеф (высота кочек до 10–12 см). Таким образом, обилие гусей способствует развитию микрокомплексности почвенного покрова (рис. 8).

Отчуждая значительное количество растительной массы, гуси в то же время обильно удобряют почву экскрементами. Наши опыты по кормлению хвощом краснозобой казарки показали, что корм усваивается ею на 55,3%; за сутки в среднем одна особь выделяет 95 г экскрементов. Анализ экскрементов показал, что по сравнению с хвощом в них происходит увеличение содержания калия, натрия и кальция при снижении содержания азота, фосфора и магния. Ориентировочные расчеты показывают, что в среднем за лето поступает 0,03 г/м² экскрементов гусей, а при более высокой плотности – до 0,8 г/м² (Богатырев, 1976б).

Ценными промысловыми видами, имеющими высокую численность на Таймыре, являются также представители семейства тетеревиных: белая и тундрная куропатки (*Lagopus lagopus*, *L. mutus*). Белая куропатка в пределах равнины гнездится в типичной и южной тундрах, а также в лесотундре. В арктической тундре она встречается только по побережью Енисейского залива. Северная граница ее аре-



Рис. 8. Кочкарные тундры по берегу озера. Фото Л.А. Колпашикова

ла проходит по южным отрогам гор Бырранга. Тундрная куропатка на полуострове в гнездовой период обычна в арктической и типичной тундрах. Южная граница ее гнездового ареала, как правило, не выходит за пределы типичной тундры (71–72° с.ш.).

Плотность гнездящихся белых куропаток на Таймыре колеблется в лесотундре от 15 до 44 пар, в южной тундре – от 20 до 140, в типичной – от 15 до 40 пар на 1000 га площади угодий (Павлов, 1974). Тундрная куропатка с наибольшей плотностью гнездится в типичной тундре – 10–60 пар на 1000 га, в арктической тундре – только 0,15 пары. В среднем биомасса куропаток составляет около 0,08 кг/га (Якушкин и др., 1969). Запас только в пределах Западного и Центрального Таймыра составляет 55–88 тыс. птиц.

Благодаря высокой численности куропатки наряду с северными оленями, гусями, мышевидными грызунами выступают основными потребителями первичной продукции и оказывают определенное воздействие на растительные сообщества. Поедая различные части растений, они снижают прирост фитомассы и семенную продуктивность растений (Павлов, 1974). В бесснежный период белые куропатки потребляют ежедневно около 50 г растительной массы, в снежный – 170–180 г. За 8 месяцев снежного периода одна особь потребляет около 30 г почек и веток березки и ив, более 2 кг листьев дриады и около 1 кг ягод толокнянки и брусники. Их положительная роль проявляется в распространении плодов и вегетативных зачатков растений (Тихомиров, 1959).

Визуальная встречаемость экскрементов куропаток в тундрах,

особенно в пределах речных террас с зарослями кустарников, очень часта. Они, так же как экскременты гусиных, служат источником подвижных форм зольных элементов для тундровых растений.

Птицы из отряда хищных из-за небольшой численности играют меньшую роль в общем круговороте веществ в тундрах, особенно с точки зрения влияния их на процессы почвообразования. Однако и их деятельность находит отражение в изменении характера растительного и почвенного покрова в ряде участков тундры. Прежде всего это относится к местам постоянной кормежки хищников, так называемым кормовым столикам птиц. Обогащение локального участка тундры, несколько возвышенного над общим уровнем поверхности, многочисленными погадками и экскрементами, служащими источником дефицитных в тундре элементов минерального питания, особенно фосфора и азота, способствует развитию пышного ковра злаков и разнотравья: *Poa alpigena*, *P. arctica*, *Calamagrostis neglecta*, *Stellaria edwardsii*, *Luzula confusa* и др.

Под кормовыми столиками птиц формируются своеобразные дерновые почвы. В качестве примера приводим описание такой дерновой почвы параллельно с описанием почвы, характерной для окружающей кормовой столики тундры.

Сравнительное описание почв песчаной террасы верховьев р. Пясины в районе "Станка Введенского" (расстояние между разрезами 2 м)

Разрез 325

Кормовой столик хищных птиц.
Мхов нет. Дерновина злаков родов *Arctagrostis*, *Poa*. На поверхности много погадок. Мерзлота на глубине 100 см.
А_{дерн.} 0-11 см. Свежая, почти сухая дернина, серовато-бурая, плотно связанная корнями и подземными побегами злаков, песчаная.
А₁ 11-22 см. Влажный, буровато-серый, песчаный, непрочнокомковатый, рыхлый, густо пронизан корнями.
В 32-60 см. Серовато-бурый, песчаный, бесструктурный, рыхлый. Корней меньше, чем в А₁.
Дерновая песчаная почва зоогенного образования.

Разрез 322

Мохово-лишайниковая тундра.
Зеленые мхи, лишайники, кустарнички (голубика, дриада), разнотравье (*Armeria sibirica*, *Parrya nudicaulis*).
Мерзлота на глубине 52 см.
А_{дерн.} 0-3 см. Маломощная, влажная, серовато-бурая, дернинка, рыхлая, песчаная.
В 8-9 см. Сырой, коричневатобурый, песчаный, рыхлый, бесструктурный, довольно много корней.
В_h 9-19 см. Сырой, буровато-черный, песчаный, рыхлый, бесструктурный, есть корни.
В_f 19-52 см. Сырой, коричневатобурый, с яркой охристой прослойкой на глубине 27-30 см. Песчаный.
Слаборазвитая дерновая гумусово-иллювиальная песчаная почва.

Таблица 5

Некоторые аналитические показатели двух почв песчаной террасы р. Пясины

Почва, № разреза	Глубина, см	рН солевой	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг/100 г	
Дерновая песчаная почва зоогенного образования, разр. 325.	0-11	5,7	18,0	26,3
	11-20	5,8	12,0	8,0
	40-50	5,9	9,5	3,7
Слаборазвитая дерновая гумусо-иллювиальная песчаная почва, разр. 322	0-3	6,4	9,0	7,5
	3-9	6,0	6,0	6,0
	9-19	6,5	3,5	6,5
	19-52	5,4	3,7	3,7

В дерновой почве кормового столика возрастает содержание подвижного фосфора и калия, увеличивается прокрашивание почвы гумусом, улучшается ее структура (табл. 5). Из-за более высокого содержания органического вещества несколько увеличивается кислотность почвы. Оттаивание почвы также более значительное, так как снимается влияние теплоизолирующих свойств мохового покрова.

Аналогичные дерновые почвы развиваются в местах норования песков и песчовых ловушек (рис. 9, 10). Норы песцов существуют сотни и тысячи лет. Приурочены они к выходам песчаных и супесчаных пород на крутых берегах рек и оврагов. Устройство сложной системы внутренних ходов песчовой норы с выбросами земли улучшает дренаж, вызывает лучший прогрев почвы; происходит снижение уровня мерзлоты, активизируются процессы нитрификации в почвах. С отбросами и экскрементами песка в почву норовища идет постоянное поступление дополнительных элементов питания растений. Все это приводит к изменению растительного и почвенного покрова норовища по сравнению с окружающей тундрой. На норовищах образуется пышный растительный покров из злаков и разнотравья (Тихомиров, 1959): злаки - *Poa arctica*, *Calamagrostis neglecta*, *Trisetum sibiricum*, *Arctagrostis latifolia*, *Alopecurus alpinus*; разнотравье - *Parrya nudicaulis*, *Oxyria digyna*, *Papaver lapponicum* - и др. Иногда на норовище образуются сплошные заросли полыни (*Artemisia tilesii*) или ясколки крупной (*Cerastium maximum*).

На 1000 га на Таймыре приходится от 0,6 до 3,1 норовища песцов, т.е. примерно 38-40 тыс. нор. Биомасса песцов в среднем 0,004 кг/га, или 1,7-1,8 особи на 1000 га (Якушкин и др. 1969). Почвы норовищ характеризуются, как правило, легким механическим составом, сильной прогумусированностью профиля. Для иллюстрации морфологии почвы норовища приводим следующее описание.



Рис. 9. Норовище песка. Фото В.А. Зырянова

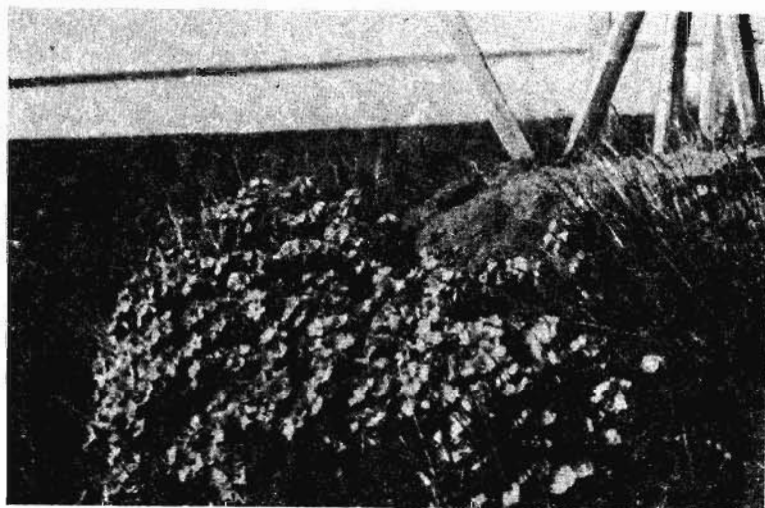


Рис. 10. Место установки капканов на песца

Разрез 326

Вершина небольшого холма на ровной поверхности террасы р. Пясины в районе "Станка Введенского". Зброшенное норовище песка с злаково-разнотравным растительным покровом. Мерзлота на глубине 52 см.

А дерн. 0-6 см. Влажноватая, серовато-коричневая дернина, очень густо переплетенная корнями, легкоуглинистая, связанная, плотноватая.

А1 6-52 см. Мощный гумусовый горизонт. Влажноват, серовато-коричневатый, зернисто-комковатый, плотноват, среднесуглинистый, много корней и мелких ржавых пятнышек по всему горизонту. В нижней части горизонта, особенно по контакту с мерзлотой, появляется заметное оглеение.

В_g 52-55 см. Мерзлый, сухой, окраска неоднородная: сизые, светло-бурые и охристые пятна, пластинчатый, глинистый, есть корни. Почва: дерновая глубокоглееватая.

Данное норовище, возможно, и было заброшено песцами из-за неблагоприятного механического состава почвы и высокого уровня мерзлоты. Подавляющая часть норовищ имеет песчаный и супесчаный механический состав.

Нами было рассчитано среднее содержание подвижного фосфора и калия в верхнем слое (0-20 см) почв семи норовищ песка в окрестностях стационара "Агапа". Оно составило 15,1 мг P₂O₅ и 12,2 мг K₂O на 100 г почвы. В верхнем горизонте почв окружающих тундр эти же величины составили соответственно 5,2 и 7,2 мг.

По нашим данным, в районе песчаных норовищ обнаруживается до 20 г экскрементов на 1 м² поверхности норовища.

Если содержание фосфора в растительном опаде не превышает 0,1%, то в экскрементах песка его содержание увеличивается до 3,4% (см. табл. 7).

Из отряда хищных, кроме песца (*Alopex lagopus*), на Таймыре встречаются бурый медведь (*Ursus arctos*), лиса (*Vulpes vulpes*), ласка (*Mustela nivalis*), горностай (*Mustela erminea*), россомаха (*Gulo gulo*), волк (*Canis lupus*) и, наконец, белый медведь (*Thalassarctos maritimus*). Численность всех этих видов по сравнению с песцом невелика (Рутилевский, 1970).

Из копытных настоящим аборигеном тундры является дикий северный олень (*Rangifer tarandus*). В СССР таймырское стадо диких северных оленей самое крупное (Якушкин, Павлов, 1974). С весны оно мигрирует на север, в тундру; к зиме уходит на юг, в лесотундру и северную тайгу. Годовой ареал его составляет примерно 1200 тыс. км², в том числе зимний (октябрь-май) - 750 тыс., летне-осенний (июнь-сентябрь) - 450 тыс. км².

В последнее десятилетие на Таймыре проводятся регулярные авиаучеты численности диких оленей (1966, 1969, 1972, 1975 гг.). Как свидетельствуют данные четырех авиаучетов, численность диких оленей с 1966 г. увеличилась с 253 до 450 тыс., или в 1,8 раза (Павлов, Савельев, 1976). Количество животных на 1000 га в то же время возросло: в пределах годового ареала - с 2,1 до 3,2, зимнего - с 3,8 до 5,2, летне-осеннего - с 5,6 до 8,6 особи. Отмечена максимальная концентрация животных на лет-

них пастбищах Западного Таймыра. Здесь в июле в разные годы наблюдений отмечалось от 97,4 до 122,8 головы на 1000 га.

До настоящего времени изучение питания северных оленей ограничивалось общими сведениями о характере ботанического состава содержимого рубца и наблюдениями за выпасом оленей. На Таймыре и в прилегающей части Среднесибирского плоскогорья (плато Путорана) изучение сезонных изменений в питании дикого северного оленя проводилось Л.Н.Мичуриным с сотрудниками (Мичурин, Вахтина, 1968; Мичурин, Махаева, 1962; Мичурин, Мироненко, 1964, 1970).

Сотрудниками МГУ им. М.В.Ломоносова Л.Г.Богатыревым и А.А.Тишковым и сотрудниками НИИСХ Крайнего Севера (г. Норильск) Л.А.Колпациковым проводился сбор материала и анализ содержимого рубца (Богатырев и др., 1975). В течение всего года в питании оленей преобладают пушицы и осоки, в летне-осенний период они составляют 20–30% пищи. Кустарники обычны только в весенне-летний период. Концентрация оленей в междуречье Пуры, Агапы и Пясины совпадает с периодом максимальной фитомассы кустарников. Лишайники играют значительную роль в питании оленей только в ранневесенний и зимний периоды (20–30% корма). Низкая доля лишайников в рационе диких оленей выгодно отличает их от домашних, в желудках которых содержание лишайников в весенне-летний период достигает 40%.

О роли мхов в питании северного оленя нет единого мнения. По полученным данным, содержание мхов в рубце оленя невелико, но в зимний период у отдельных особей может достигать 20–30%. Вероятно, мхи – обычные, а при бескормице даже обязательные компоненты пищевого рациона северного оленя на Таймыре.

Химический состав содержимого рубца отражает особенности минерального питания оленей в разные сезоны. Максимум содержания почти всех элементов (P, K, Na, Ca, Mg и др.) приходится на летний период нагула и жиронакопления. К этому времени приурочено и наиболее высокое содержание в кормах оленей протеина и белка; в августе содержание протеина достигает 26%, а белка 18%. В зимний и ранневесенний периоды эти величины снижаются вдвое. Оптимальные величины были получены и для соотношения наиболее важных органических веществ в кормах.

Все эти материалы позволяют считать пастбища Западного Таймыра (междуречье Пуры, Агапы, Пясины), где в период нагула концентрируется большая часть Таймырской популяции дикого северного оленя, весьма ценными пастбищами для этого вида. Сравнительно высокая первичная продуктивность тундр этого района, оптимальный химический состав кормовых растений связаны, очевидно, с тем, что почвы территории имеют высокую степень насыщенности основаниями, в составе вторичных минералов в них преобладают минералы группы монтмориллонита, почвы имеют слабощелочную, почти нейтральную реакцию. По-видимому, в районах с аналогичным характером почвообразующих пород (суглинки и глины

морского генезиса) и почв можно найти благоприятные по продуктивности и химическому составу растений пастбища для домашних и диких оленей.

Среди животных тундровых биогеоценозов центральное место занимают мелкие грызуны. На обширной территории тундр Таймырского полуострова они из-за своей многочисленности являются главными потребителями растительной массы. В свою очередь грызуны служат основным кормом многих ценных пушных зверей и составляют важное промежуточное звено вовлечения в хозяйственный оборот растительных ресурсов тундры. От обилия полевков в определенный сезон года зависит интенсивность размножения многих птиц – млекопитающих: сов, поморников, чаек, канюков (Кречмар, 1962; Геллер, 1969). Есть также данные, указывающие на прямую зависимость результатов размножения гусей, уток, куропаток, куликов и других видов птиц от численности мелких грызунов (Успенский, 1969; Павлов, 1974).

Подсемейство полевков на Таймыре представлено 4 родами с 6 видами. Однако из них только три вида: сибирский и копытный лемминги (*Lemmus sibiricus*, *Dicrostonyx torquatus*) и полевка Миддендорфа (*Microtus middendorffii*) – широко населяют тундру, и численность их достигает значительных величин (Куксов, 1975). Численность грызунов Таймыра очень резко изменяется по годам (Сдобников, 1959; Геллер, 1967; Якушкин, 1967; Куксов, 1969; и др.). Наблюдения В.А. Куксова показали, что на Таймыре пики численности наступают через 3–4 года, но иногда интервал между пиками может сокращаться и до двух лет.

Наиболее типичными летними биотопами сибирского лемминга являются прежде всего различного типа болота (полигональные, плоскостратные, низинные; Куксов, 1975). Охотно осваивают лемминги кочкарные и буторковатые тундры. Пятнистые тундры заселяются леммингами слабо. В выборе биотопов большую роль играет обилие кормов. Перечисленные местообитания, по нашим данным, являются и наиболее продуктивными с точки зрения прироста растительной массы.

Копытный лемминг выбирает более дренированные местообитания: сухие тундры, обрывы рек, вершины склонов долин ручьев и речек (Орлов, Винокуров, 1975). Полевка Миддендорфа предпочитает злаково-разнотравно-моховые и разнотравно-дриадовые тундры на легких по механическому составу почвах, не ограничивая ее рожь по широкому распространению песчаных и супесчаных отложений на Таймыре может являться ограничивающим фактором для достижения полевкой Миддендорфа высокой численности. В годы высокой численности зверьки могут заселять и стации сибирского лемминга. Для зимних мест обитания мелкие грызуны выбирают участки с глубоким снежным покровом, где создаются благоприятные температурные условия для подснежного обитания. Норы зверьков в основном бывают приурочены к верхним горизонтам почвы

Таблица 6

Соотношение биомассы леммингов, потребляемого ими корма и выделенных экскрементов за три летних месяца

Вид лемминга	Год наблюдения	Биомасса, кг/га сухого веса			Сумма элементов (N, P, S, K, Na, Ca, Mg) в экскрементах, кг/га
		леммингов	потребляемого корма	экскрементов	
Копытный	1967	0,03	2,9	1,0	0,05
Сибирский		0,12	20,0	11,0	0,64
Копытный	1969	0,09	8,8	3,1	0,14
Сибирский		0,86	143,0	79,0	4,70
Копытный	1970	3,67	360,0	124,5	4,10
Сибирский		1,72	286,0	158,2	9,40
Копытный	1971	0,35	34,4	11,9	0,40
Сибирский		0,01	1,7	0,9	0,65

(до глубины 20 см). Только на участках с разреженным растительным покровом норы углубляются до 30–35 см.

Зверьки потребляют как вегетативные, так и генеративные побеги, уничтожают почки растений, что ведет к снижению продуктивности фитоценозов. Кормовая специализация сибирского и копытного леммингов различна. Копытные лемминги потребляют ивы, дриаду, бобовые и разнотравье, а сибирские – осоки, пушицы, злаки.

Различаются у видов леммингов и индексы потребления, представляющие собой отношение съеденного в сутки корма к весу зверька. У взрослых сибирских леммингов индекс потребления равен 1,02, у молодых – 1,48. У копытного лемминга соответственно 0,75 и 0,88. Величина потребления фитомассы может быть весьма большой, если учесть, что плотность леммингов в год пика численности превышает местами 600 особей на 1 га. В табл. 6 представлены наши данные по расчету биомассы леммингов, потребляемого ими корма и веса выделенных экскрементов.

В годы массового размножения грызунов над непосредственным потреблением растительности преобладает скашивание растений (Срлов, Винокуров, 1975). Образуется так называемое лемминговое сено. Практически это приводит в ряде мест к полному уничтожению прошлогодних растений. После схода воды лемминговое сено образует валы по берегам рек, озер, на склонах распадков, в полигональных болотах. Этот травматический опад по своей массе во много раз превышает естественный опад растений в тундровых биоценозах (Тихомиров, 1959).

Исходя из данных по численности леммингов на Западном Таймыре (Vinokurov et al., 1972), мы рассчитали количество корма, потребляемого всей популяцией за три летних месяца (табл. 6).

Таблица 7

Содержание элементов-биофилов в растениях и экскрементах тундровых животных, % на сухое вещество

Объект	N	P	S	K	Na	Ca	Mg
Листья ивы	1,36	0,20	0,34	0,68	0,03	0,78	0,34
Экскременты копытного лемминга после кормления листьями ивы	1,94	0,39	0,09	1,94	0,09	0,30	0,26
Арктофила	1,60	0,31	0,60	1,60	0,40	1,30	0,18
Экскременты сибирского лемминга после кормления арктофилой	2,00	0,27	0,09	2,45	0,18	0,55	0,30
Хвощ	2,20	0,64	-	3,70	0,18	1,48	1,17
Экскременты краснозобой казарки после кормления хвощом	0,67	0,42	-	4,79	0,55	1,64	0,47
Экскременты гусей	-	0,53	0,10	3,54	0,09	0,90	0,17
куропатов	-	0,70	-	3,50	0,07	0,32	0,55
сибирских леммингов	6,48	3,45	-	0,70	0,40	5,40	1,68
песцов	2,00	3,42	-	0,44	0,66	5,94	1,70
олений	2,72	0,60	0,03	0,30	0,09	1,50	1,37

В годы максимальной численности лемминги потребляют до 70% годового прироста (прирост в среднем 10 ц/га), в годы низкой численности – 2–3%. Поступление экскрементов на почву также варьирует по годам. В обычные годы (1967–1971 гг.) это 11–13 кг/га, а в годы пика численности – до 283 кг. В экскрементах лемминга (табл. 7) отмечается высокое содержание азота, магния, фосфора. Поступление азота с экскрементами может составлять до 40% от поступления его с растительным опадом. Значительное число зольных элементов и азота поступает на поверхность почвы и с трупам леммингов.

Обобщая роль экскрементов животных в биологическом круговороте веществ в тундрах, можно заметить следующее.

На фоне низких количеств усвояемых форм фосфора в тундровых почвах особое значение приобретает высокое содержание фосфора

в экскрементах и погадках. Если содержание фосфора в растительном опаде не превышает 0,1%, то в экскрементах леммингов, гусей и оленей его концентрация составляет 0,5–0,7%, а в экскрементах песка 3–4%. Для экскрементов характерна высокая мобильность элементов. Так, из экскрементов лемминга за год вымывается 95% фосфора, а из листьев карликовой березки – не более половины.

Интенсификация круговорота деятельностью животных обеспечивает быстрое восстановление растительности после лет с высокой численностью растительноядных животных. На норках песцов, в местах постоянных гнездовых гусей, в местах скопления нор леммингов, на кормовых столиках хищных птиц образуется густой злаково-разнотравный растительный покров, формируются своеобразные дерновые почвы, где содержание легкоусвояемых форм фосфора и калия достигает 30 мг на 100 г почвы.

Роль леммингов в изменении почвенного покрова сказывается также и в поступлении большого количества агрегированной массы в местах выброса из нор. По данным Б.А. Тихомирова (1970), количество земли, выброшенной из нор, определяется величиной порядка 8–250 кг/га. Ходы леммингов уплотняют растительный покров и способствуют образованию мелкобугорчатого микро рельефа. В то же время норы леммингов улучшают аэрацию и тепловой режим верхних горизонтов почв.

РОЛЬ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ПРОЦЕССАХ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ТУНДРАХ

Как и в почвах других природных зон, почвенные беспозвоночные в тундрах играют огромную роль в процессах разложения растительных остатков и в процессах гумусообразования (Курчева, 1971). Наряду с грибами и бактериями почвенные беспозвоночные являются важнейшим гетеротрофами в тундровых биогеоценозах (Тихомиров, 1971).

В разложении растительных остатков принимает участие комплекс почвенных сапрофагов, который доминирует среди животного населения почв. По характеру пищевой специализации среди почвенных сапрофагов можно выделить следующие трофические группы (Стриганова, 1975а,б): I – потребители остатков высших растений (листового и хвойного опада, древесины, разлагающихся корней); II – потребители низших растений (микофаги, фикофаги, бактериофаги); III – детритофаги. Причем для многих почвенных сапрофагов характерно смешанное питание как остатками высших растений, так и представителями микро- и микрофлоры. При этом характер питания сапрофагов определяется не только спецификой животного организма, но и климатическими условиями, составом растительных остатков и почвенной микрофлоры.

Животные-сапрофаги производят огромную механическую работу, размельчая растительные остатки и перемешивая их с минеральными

частицами почвы. При этом происходит многократное увеличение поверхности опада, перенос его в глубь почвы. Прокладывание ходов приводит к увеличению порозности почвы и улучшению ее аэрации. Для оглеенных почв тундр этот факт имеет немаловажное значение. Участие беспозвоночных не ограничивается только этими механическими функциями (Стриганова, 1975а,б). В пищеварительном тракте животных происходит расщепление значительной части углеводов, высвобождается лигнин и происходит его конденсация с аммиаком. В кишечнике многих сапрофагов отмечается образование гуминовых и прогуминовых соединений и частичная минерализация растительных тканей. Деятельность почвенных животных тесно переплетается с активностью почвенной микрофлоры. Их экскременты заселяются микрофлорой и служат центрами микробальной активности.

Беспозвоночные в тундровых почвах Таймыра наиболее детально исследовались Ю.И. Черновым и его сотрудниками (Чернов, 1968, 1972, 1973; Чернов и др., 1971, 1973; Ананьева, 1969, 1972, 1973; и др.). На стационаре "Агала" почвенные беспозвоночные были изучены Н.М. Шалаевой (1975, 1976).

В полярной пустыне мыса Челюскин среди почвенных беспозвоночных преобладают четыре группы: нематоды, энхитреиды, ногохвостки и личинки комаров-звонцов. Дождевые черви и комары-долгоножки отсутствуют (Матвеева, Чернов, 1976). Численность доминирующих групп беспозвоночных, несмотря на суровые условия обитания, довольно высокая: коллемболы – 10 000, гамазовые клещи – 20 000–50 000, энхитреиды – 3000–60 000, личинки хирономид – 50–1500 экз/м², т.е. численность в ряде случаев выше, чем в типичной тундре. Масса беспозвоночных на оголенных пятнах составляет 1–2 г/м², под лишайниками и водорослевой корочкой – 6–10 г/м². В полярных пустынях основную роль в питании беспозвоночных играет микрофлора (главным образом водоросли).

В животном населении тундр основным ядром являются сапрофаги, непосредственные потребители мертвого органического вещества (Чернов, 1973). К сапрофагам относятся все группы наземных олигохет (в сибирских тундрах это только один вид – *Eisenia nordenskiöldi*) и энхитреиды (*Enchytraeidae*), представленные в тундрах Таймыра большим числом видов и относящиеся к доминантам почвенной фауны. Основную роль в питании наземных олигохет (*Lumbricidae*) играет потребление мертвых растительных остатков.

Важным компонентом сапрофильного комплекса беспозвоночных тундровой зоны являются личинки комаров-долгоножек (типулид). Роль личинок типулид как активаторов деятельности микрофлоры в почвах полярных регионов показал И.В. Стебаев (1958). В районе стационара "Тарей" описано 10 видов типулид. На отдельных участках тундр, особенно на теплых склонах, их экскременты сплошным слоем покрывают почву.

По сравнению с более южными зонами в тундрах сравнительно низко обилие сапрофильных групп клещей, но чрезвычайно велика

Таблица 8

Численность и масса доминантных групп почвенных беспозвоночных: Чернов, 1973)

Почва и тип тундры	Общ. масса, г/м ²	Nematoda	Enchytraeidae
Почвы голых пятен с лишайниковой коркой	10,9	<u>12 500 000*</u> 0,78	<u>1090</u> 4,98
Почвы зарастающих пятен	11,8	<u>45 000 000</u> 2,70	<u>1080</u> 3,49
Тундровые глеевые типичные бордюров пятнистой тундры	7,1	<u>1 800 000</u> 1,02	<u>7,70</u> 1,66
Тундровые глеевые перегонные бугорковатой тундры	6,2	<u>1 300 000</u> 1,2	<u>550</u> 1,00
Болотно-тундровые почвы ложбин пятнистой тундры	-	1 100 000	1050
Болотно-тундровые почвы валиков полигонально-валиковых болот	-	-	1000
Болотные почвы мочажин полигонально-валиковых болот	6,0	800 000	200
Тундровые дерновые	100,0	<u>10 000 000</u> 7,70	<u>20 500</u> 25,69

* Числитель - экз/м², знаменатель - г/м².
** В скобках количество видов коллембол.

роль другой группы микрофитофагов - ногохвосток (Collembola). В процессах разложения последние играют роль и как механические разрушители и как агенты ферментативного воздействия на опад посредством активации микрофлоры. В окрестностях стационара "Тарей" было встречено 62 вида коллембол, относящихся к 12 семействам и 26 родам (Ананьева, 1972, 1973). Было отмечено, что суммарная численность коллембол на единицу площади, так же как и относительное обилие в комплексе почвообитающих беспозвоночных (по массе), значительно выше в тундрах, нежели в других природных зонах. Для большинства коллембол наиболее благоприятная среда обитания - мощный моховой покров. Вообще для тундр характерно, что многие типично почвенные формы беспозвоночных обитают в моховом покрове (Стебаев, 1962; Стриганова, 1973). Это относится не только к коллемболам, но и к энхитреидам и дождевым червям.

в различных типах почв Западного Таймыра (Чернов и др., 1971;

Lumbricidae	Gamasoidea	Oribatei	Collembola	Tipulidae (L.)
<u>19</u>	<u>1320</u>	<u>1320</u>	<u>19 240(23**)</u>	<u>7</u>
4,18	0,08	0,06	0,35	0,52
<u>14</u>	<u>2720</u>	<u>2780</u>	<u>35 140(22)</u>	<u>20</u>
3,28	0,14	0,08	0,86	1,20
<u>5</u>	<u>3160</u>	<u>4440</u>	<u>44 140(21)</u>	<u>30</u>
1,99	0,08	0,13	1,86	0,40
<u>7</u>	<u>3000</u>	<u>4500</u>	<u>21 930(27)</u>	<u>2</u>
2,00	0,09	0,10	1,58	0,80
10	2520	1200	24 960(19)	1
-	3200	4000	32 700	37
90	500	100	8710	80
<u>150</u>	<u>8000</u>	<u>5000</u>	<u>31 800(17)</u>	<u>29</u>
60,06	0,40	0,10	2,22	3,83

Большой интерес представляет изучение особенностей вертикального распределения почвенных беспозвоночных в тундровых почвах. Характерной чертой вертикального распределения беспозвоночных в тундрах является сосредоточение их основной массы в верхнем 2-5-сантиметровом слое. Причем в ряде случаев в этом тонком верхнем слое гумусового горизонта концентрация животных в единице объема может быть больше, чем в более южных сообществах (Стебаев, 1962; Чернов, 1965, 1966а).

Наиболее мощным фактором вертикального распределения животных в такой узкой пленке жизни служит моховая дернина (Чернов, 1966, 1968; Чернов и др., 1971). При достаточной мощности мохового покрова вследствие его сильного теплоизолирующего воздействия минеральная часть профиля почвы заселяется на весьма малую глубину. Наоборот, на пятнах без мохового покрова засе-

Таблица 9

Некоторые свойства почв стационара "Тарей"

Почва	Характер и мощность органогенного горизонта, см	рН водный	Гумус или п.п.п.* %	Средняя величина за вегетационный период		
				Весовая влажность, %	Температура почвы на глубине	
					5 см	10 см
Тундровая глеевая, пятна	B _g - 0-9	7,1	2,55	22,6	5,2	4,3
Тундровая глеевая типичная бердзора	AO/A1 0-4	6,8	38,80*	83,8	-	-
Болотно-тундровая ложбины	AO/A1 0-10	6,4	28,28*	107,6	2,5	1,0
	A1 0-17	6,2	5,34	57,4	-	-
Тундровая глеевая перегнойная бугорковатой тундры	AO 0-7	6,3	48,00*	128,6	4,5	3,8
Болотно-тундровая почва валика полигонально-валикового болота	AO/O2 0-15	5,6	41,94*	206,1	4,0	-
Болотная почва мочажин полигонально-валикового болота	AO/O2 0-24	4,9	32,29*	481,4	3,5	-
Тундровая дерновая яров	A1 0-5	6,5	4,80	28,1	6,8	5,5
	A1 5-11	6,4	4,51	-	-	-

* Потеря при прокаливании.

ленность верхнего слоя почвы беспозвоночными усиливается, при этом становится большей доля собственно педобионтов. Характерной особенностью живого покрова тундры является не только сосредоточение жизни в узкой пленке, но и формирование сложной горизонтальной структуры.

Почву пятна с обрамляющим его валиком и ложбинкой можно считать идеальным примером комплексного распределения почвенной фауны. В почве незадерненного пятна создаются благоприятные условия для существования мезофильных форм почвенных беспозвоночных (Чернов, 1964, 1965, 1966). Концентрируясь в тонком поверхностном слое, беспозвоночные играют существенную роль в дальнейшей эволюции почвы пятна. На пятнах голого грунта относительно велико обилие круглых и кольчатых червей.

Вследствие чрезвычайной пестроты мохового покрова в пятнистой тундре создаются благоприятные условия для развития бривофильного гемиэдафического комплекса беспозвоночных. Для типичных почвенных форм наиболее благоприятны условия на пятнах в ранних

стадиях зарастания и на некоторых частях бровки. Наименее пригоден для заселения беспозвоночными торфянистый грунт в ложбинке между пятнами (Чернов и др., 1971).

В табл. 8 мы представили данные по численности и биомассе основных групп беспозвоночных в почвах стационара "Тарей". Кроме того, в табл. 9 приведены данные по некоторым свойствам рассматриваемых почв, характеризующие экологические условия существования беспозвоночных в этих почвах.

В связи со сравнительно высокой прогреваемостью почв пятен, относительно низкой влажностью, оптимальной для некоторых групп беспозвоночных, и нейтральной реакцией среды в почвах пятен достигают более высокой биомассы и численности дождевые черви, энхитреиды и некоторые виды коллембол (общая зоомасса 10 г/м²). Благодаря активной роли этих и некоторых других групп беспозвоночных почвы пятен имеют более высокую порозность, чем глеевые горизонты тундровых глеевых почв под растительностью, более высокую окисленность профиля (горизонт B_g, а не собственно глеевый горизонт). Эти группы беспозвоночных производят первичную переработку отмирающих корней, водорослей, лишайников. Относительно высокая доля беспозвоночных-гумификаторов приводит к тому, что органическое вещество почв пятен имеет более специфичный характер, в нем меньше полуразложившихся растительных остатков, доля гуминовых кислот в почвах пятен выше, чем в тундровых глеевых типичных почвах.

Наличие в почвах пятен специфического типа животного населения (доминирование микрофитофагов и сапрофагов в трофическом составе, более высокая численность некоторых групп беспозвоночных, относительно более высокая зоомасса) свидетельствует о том, что почвы пятен являются достаточно самобытным и устойчивым во времени образованием.

Тундровые глеевые почвы (типичные и перегнойные) имеют иной состав почвенной фауны - собственно зональный климаксовый тип по Ю.И. Чернову (1973). Масса круглых и кольчатых червей здесь ниже, чем в почвах пятен, но велика роль подстилочных форм коллембол (общая зоомасса - 7 г/м²; коллембол - 2 г/м²), деятельность которых в переработке растительных остатков приводит к довольно интенсивному разложению опада и в связи с этим к отсутствию в этих почвах мощного горизонта тундрового войлока или торфа. Для этого комплекса беспозвоночных, очевидно, оптимальными являются те почвенные условия, которые мы наблюдаем в тундровых глеевых типичных и перегнойных почвах: слабокислая реакция (рН 6,3-6,8, влажность от 50 до 100%, температура почвы плюс 3-4° и др.).

В болотно-тундровых почвах ложбин пятнистой тундры условия существования беспозвоночных существенно меняются: реакция почв здесь всегда более кислая, влажность, как правило, более 100%, мерзлота большую часть сезона вегетации непосредственно подстилает органический горизонт, температура деятельного слоя не пре-

вышает 1–2°. В этих условиях в почвах существенно снижается численность личинок тигулид, уменьшается видовое разнообразие коллембол, суммарная масса беспозвоночных снижается. Все это приводит к менее интенсивному разложению отмирающих частей мхов и других растений и формированию более мощного оторфованного органического горизонта.

Особенно резко отличаются от собственно зонального типа животного населения болотные гидрофильные группировки беспозвоночных полигонально-валиковых болот (общая зоомасса 6 г/м²). Здесь наиболее обильны типичные фитофаги, а не сапрофаги, довольно много видов тигулид. Резко уменьшается количество энхитрид, коллембол (особенно в болотных торфяно-глеевых почвах мочажин). Но обилие дождевых червей в болотах довольно высокое. В полигонально-валиковых болотах наблюдается наиболее кислая реакция и наиболее высокая влажность.

Л.С. Козловская (1976) отмечала это в евтрофных болотах северной тайги беспозвоночные могут перерабатывать от 60 до 100 т/га, активизируя при этом микрофлору, особенно аммонификаторов. В тундровых болотах Таймыра порядок величин переработки растительных остатков другой, но роль беспозвоночных в активизации аммонификаторов также, несомненно, велика. По нашим данным, в болотно-тундровых мерзлотных почвах полигонально-валиковых болот наблюдается наибольшее количество аммиачного азота по сравнению со всеми другими типами почв.

Наиболее благоприятные условия для существования беспозвоночных складываются в легких по механическому составу и хорошо прогреваемых почвах вершин склонов (группировки беспозвоночных разнотравно-приадовых сообществ) или в нивальных луговинах нижних частей склонов к реке на морских глинах и суглинках (мезофильно-луговой тип животного населения). Общая зоомасса беспозвоночных достигает 40–100 г/м². В этих почвах наблюдается наибольшая степень гумификации растительных остатков, наибольшая аэрация почв, наименьшее оглеение.

Суммируя данные о роли почвенных беспозвоночных в тундровых почвах Таймыра, можно сделать следующее заключение. Обилие беспозвоночных (особенно сапрофагов и микрофитофагов) в подстилке и органических горизонтах в значительной мере определяет интенсивность разложения растительных остатков и препятствует образованию торфяных горизонтов. Высокая численность дождевых червей, энхитрид в минеральных горизонтах благоприятна для создания высокой порозности и препятствует развитию оглеения. Эти же формы беспозвоночных способствуют наиболее полной гумификации растительных остатков. По элементам почвенно-мерзлотных комплексов в связи с различиями в механическом составе, в условиях увлажнения, в тепловом режиме, в характере вертикального и горизонтального размещения растительной массы формируются и строго специфичные типы животного населения почв.

Фиксация азота, восстановление и окисление ряда сложных соединений и отдельных химических элементов, микробный синтез различных физиологически активных соединений, синтез органического вещества – это далеко не полный перечень тех процессов в почве, которые осуществляются с помощью микроорганизмов. Одной из самых главных особенностей микроорганизмов является их способность завершать разложение органического вещества, начатое позвоночными и беспозвоночными животными, синтезировать почвенный гумус и осуществлять полную минерализацию растительных остатков.

Роль отдельных микроорганизмов в почвообразовании детально освещена в специальной литературе. Поэтому в рамках данной работы мы хотели бы остановиться лишь на особенностях распространения и некоторых функциях микроорганизмов, главным образом бактерий, конкретно в тундровых почвах Таймыра.

Изучение микроорганизмов в почвах Западного Таймыра началось в 60-х годах. Наибольший вклад был внесен работами О.М. Паринкиной (1971, 1973а,б, 1978). Микрофлора почв стационара "Агапа" изучалась сотрудниками МГУ (Горова и др., 1975; Скворцова, 1976; Умаров, 1971, 1972).

Учет микроорганизмов как прямыми методами, так и путем посева показал, что в тундровых почвах над другими группами микроорганизмов резко преобладают бактерии (Паринкина, 1971). Плесневые грибы составляют ничтожную часть микрофлоры (2–3% от общего числа микроорганизмов в тундровых дерновых почвах). В тундровых глеевых и болотных почвах плесневые грибы практически отсутствуют. Актиномицеты также наиболее характерны для дерновых почв (15–20% от общего числа микроорганизмов). Среди гетеротрофного сапрофитного бактериального населения тундровых и особенно болотных почв преобладают микобактерии (Умаров, 1971, 1972).

Анализ профильного распределения микроорганизмов в тундровых и болотных почвах Таймыра свидетельствует о резком уменьшении числа их с глубиной (как и в других районах тундровой зоны). Однако есть и некоторые особенности. Так, в дерновых почвах на ярах максимум наблюдается в надмерзлотном горизонте. Довольно много микроорганизмов и грибов в нижней части профиля почвы мочажины полигонально-валикового болота. С большей численностью микроорганизмов и грибов в этом горизонте согласуется и большая степень разложенности торфа, хотя условия в этом слое и не благоприятны для жизнедеятельности микроорганизмов.

Качественный состав и количественная характеристика микрофлоры чутко реагируют на изменение почвенных условий (табл. 10). В общем виде можно отметить, что при уменьшении температуры и величины pH снижается численность бактерий. Особенно четко

Таблица 10

Некоторые свойства почв и численность бактерий в основных (1975)

Тип тундры	Элемент рельефа	Глубина, см	Весовая влажность, %	Температура, °С	pH _{сол}
Дриадово-осоково-моховая пятнистая	Пятно	0-3	29	9,4	6,3
	Бордюр	5-10	59	4,7	4,9
	Ложбина	11-23	108	2,0	4,8
	Выровненная поверхность	5-10	77	5,2	4,8
Дриадово-осоково-моховая бугорковатая	Бугорок	6-13	69	4,6	5,2
	Понижение	4-8	127	-	5,0
Полигонально-валиковое болото	Полигон	0-10	187	5,5	4,3
	Бровка	3-15	118	2,7	5,5
Разнотравно-дриадовая береговых яров		2-10	21	8,5	5,9

* Потеря при прокаливании.

изменения микробного населения прослеживаются на примере комплекса почв пятнистой тундры, так же как это было сделано и для фауны почвенных беспозвоночных. В работах О.М. Паринкиной (1971, 1973б) детально рассмотрены микробные пейзажи различных почв стационара "Тарей" и сделан вполне закономерный вывод о том, что микробценозы изменяются не только в зависимости от смены зонального почвенного типа, но и в пределах одной почвенной зоны при хорошо выраженной комплексности почвенно-растительного покрова.

Количественный учет бактерий на стационаре "Тарей" проводился с помощью прямого счета по методу Виноградского в модификации Шульгиной, с предварительной десорбцией клеток растиранием. Все результаты были статистически обработаны. Удельный вес бактериальной клетки принимался равным единице (Паринкина, 1973а, табл. 11).

Количество микроорганизмов за короткий срок в тундровых почвах меняется в десятки и сотни раз; при этом наблюдается периодичность в 1-4 дня. Наибольшее число пиков подъема - в дриадово-осоково-моховой пятнистой тундре, наименьшее - в заболоченных

типах тундр стационара "Тарей" (Паринкина, 1973; Chernov et al.,

Гумус или п.п.п. *, %	Общий азот, %	P ₂ O ₅ , мг/100г	Са обменный, мг-экв/100 г	Число бактерий, n · 10 ⁶ /г	
				метод посева	прямой подсчет
2,0	0,18	2,0	14,0	0,9-20,0	20-38 000
5,8	0,24	2,6	16,9	1,0-8,8	6000
7,8	0,28	1,3	16,5	0,02-0,8	1700
8,6	0,27	1,3	16,9	0,04-0,7	70-8 900
12,6	0,37	Сл.	22,6	1,5	100-7 300
1,9	0,06	6,1	9,4	1,8	3-4 700
39,6*	0,50	2,6	10,1	0,5-15,3	3300-12 600
48,3*	1,03	2,5	32,4	2,4-35,2	1150-7800
3,4	0,16	3,8	9,1	0,3-49,8	100-32 000

почвах полигонально-валикового болота. Исследования показали, что в летние месяцы не наблюдается дефицита тепла для микроорганизмов, так как они в процессе эволюции приспособились к низким температурам. Влага также не является лимитирующим фактором. Однако в целом избыточное увлажнение почв тормозит развитие микрофлоры. На изменение численности бактерий влияет, очевидно, дополнительное поступление пищи, связанное с усилением интенсивности корневых выделений в период максимального развития растительности (конец июля - начало августа), с периодичностью в развитии водорослей и почвенных беспозвоночных.

Однако причиной флюктуаций числа микроорганизмов могут быть колебания не только в количестве пищи, но и в периодичности накопления микробных метаболитов, в определенных концентрациях оказывающих токсичное действие на микрофлору. В относительно аэробных условиях почв пятен и дерновых почв склонов окисление токсичных продуктов идет быстрее, поэтому и число поколений микроорганизмов больше (см. табл. 11). В анаэробных почвах болот и бугорковатой тундры возобновление микроорганизмов замедляется.

Таблица 11

Бактериальная продукция и число поколений бактерий за месяц летнего периода в различных типах тундр стационара "Тарей" (Паринкина, 1973; Chernov et al., 1975)

Тип тундры	Элемент ландшафта	Генетический горизонт, глубина, см	Бактериальная продукция		Средняя скорость генерации, час	Число поколений
			сырой вес, г/г почвы	% от веса сухой почвы		
Дриадово-осоково-моховая пятнистая	Пятно	BgO-3	0,054	1,45	22,3	12,0
	Основная поверхность	A0/A1 5-10	0,008	0,20	42,4	7,3
Дриадово-осоково-моховая бугорчатая	Бугорок	A0/A1 6-13	0,05*	0,10*	27,4	9,4*
	Понижение	A0/A1 4-8	0,08*	0,08*	36,0	6,0*
Полигонально-валиковое болото	Полигон	O2 0-10	0,005	0,10	92,9	2,8
	Бровка	A0/O2 3-15	0,007*	0,17*	32,8	4,3*
Разнотравно-дриадовая береговых яров	-	A1 2-10	0,071	1,80	18,0	14,7

* Данные за 17 дней.

О.М.Паринкиной (1969) было отмечено, что в сухие годы, с меньшей влажностью почвы, с лучшими условиями аэрации отмечались значительные всплески развития бактерий, сменяемые стремительным падением численности. Можно предположить, что истинные размеры микробной массы могут быть даже выше установленных этим автором, так как не учитывалось выедание бактериальных клеток простейшими и почвенными беспозвоночными.

Максимальная бактериальная продукция наблюдается в корке пятна и в хорошо прогреваемых дерновых почвах легкого механического состава. Эта продукция тесно связана с погодными условиями сезона вегетации. Так, в корке пятна она была максимальной в теплое и сухое лето 1968 г., а в холодное лето 1969 г. (со снегом) продукция снизилась в два раза. Сильное переувлажнение почв и перепады температуры летом 1971 г. снизили бактериальную продукцию в 10 раз.

Вялость и инертность развития микроорганизмов в почве полигонально-валикового болота вполне коррелирует со слабой степенью разложения торфянистой массы. Наоборот, при максимальной скорости поколений микроорганизмов в почве пятна и в дерновых почвах наблюдается наиболее интенсивное разложение растительных

остатков и наибольшая степень их гумификации и минерализации. Скорость возобновления микробной массы в некоторых почвах Таймыра не уступает продуктивности бактерий более южных широт. Однако краткость вегетационного периода, в течение которого происходит репродукция клеток, делает годовую продукцию микроорганизмов более низкой, чем в почвах умеренной зоны.

Бактерии в тундровых почвах Таймыра играют огромную роль в круговороте азота и фосфора в системе почва-растения. Одним из органических соединений фосфора в почве является лецитин. В тундровых почвах Таймыра, по данным И.Н.Скворцовой (1976) лицитиназоположительные микроорганизмы представлены споровыми бактериями *Bacillus cereus*, *B. mycoides* и псевдомонадами. По данным этого же автора, количество амонифицирующих бактерий колеблется от сотен тысяч до десятков миллионов на 1 см² поверхности почвы.

остатков и наибольшая степень их гумификации и минерализации. Скорость возобновления микробной массы в некоторых почвах Таймыра не уступает продуктивности бактерий более южных широт. Однако краткость вегетационного периода, в течение которого происходит репродукция клеток, делает годовую продукцию микроорганизмов более низкой, чем в почвах умеренной зоны.

Бактерии в тундровых почвах Таймыра играют огромную роль в круговороте азота и фосфора в системе почва-растения. Одним из органических соединений фосфора в почве является лецитин. В тундровых почвах Таймыра, по данным И.Н.Скворцовой (1976) лицидиназоположительные микроорганизмы представлены споровыми бактериями *Bacillus cereus*, *B. mycoides* и псевдомонадами. По данным этого же автора, количество амонифицирующих бактерий колеблется от сотен тысяч до десятков миллионов на 1 см² поверхности почвы.

Таблица 12

Систематический список мерзлотных почв п-ова Таймыр

Тип почв	Подтип почв	Строение профиля*
Арктические типичные	Разделение на под- типы не разрабо- тано	A1(A0) - A _{cp} - C _p
Тундровые глеевые	Тундровые глеева- тые гумусные Тундровые глеевые типичные Тундровые глеевые перегонные Тундровые глеевые торфянистые	A0/A1 (A1) - B _g 01(A0) - G A0 - (A1) - B _g - G 01(02) - G
Почвы пятен	Глееватые Глеевые	K - B _g (B _{gca}) - G(G _{ca}) K - G
Тундровые дер- новые	Тундровые дерновые слаборазвитые	A1(A0) - C
Тажные глеево- мерзлотные	Тундровые дерновые Разделение на под- типы не разрабо- тано	A1 - B(B _{hf}) - C A0/A1(01) - B _{gh} (G _h) - BC _{gh}
Болотно-тундровые	Болотно-тундровые торфянисто-пере- гонно-глеевые	0 - A0(A0/A1) - G(B _f) - G
Тундровые болотные	Болотные торфя- нисто- и торфяно- глеевые	0 - G
Торфяные болотные низинные	Разделение на под- типы не разрабо- тано	0 > 50 см
Торфяные болотные верховые	То же	0 > 50 см
Пойменные дерно- новые	Пойменные дерновые слаборазвитые	A1 - C
Пойменные болот- ные	Пойменные дерново- глеевые Пойменные торфя- нисто-глеевые	A1 _g - G 0 - G
Горные примитив- ные органогенно- щепнистые	Разделение на под- типы не разрабо- тано	01 - A _{cp} - C _p
Горные дерновые	То же	A0/A1 - A1 _p (A _{cp}) - C _p
Горные подбуры	"	01 - A0(A1) - B _{fh} _p - C _p

* См. пояснения на с. 63.

Е.Н.Иванова разделяла деструктивные почвы пятен на редуцированные и сильно редуцированные (по степени смыва верхних горизонтов), на поверхностно-глеевые, глеевые и иллювиально-гумусовые (по генетическим особенностям той почвы, на месте которой образовались пятна), — на слаборазвитые и нормальные), (по степени восстановления на пятна растительного покрова; Иванова, 1962). В последней классификации (Иванова, 1976) почвы пятен выделяются на уровне видов во всех подтипах тундровых глеевых почв в зависимости от степени разрушенности профиля почвы вследствие криогенной динамики микрорельефа и перемещения твердой массы и растворов.

Для пятен, образующихся в полигональных тундрах за счет морозного растрескивания почв, ветровой и снежной корразии, эрозии и т.д. Н.А.Караваяева (1969) предлагает термин "остаточные", выделяя на молодых пятнах остаточнo-слабокислые (слаборазвитые) почвы и на "зрелых" пятнах остаточнo-нейтральные почвы; при этом автор также оставляет их в соответствующем подтипе тундровых глеевых почв.

И.В.Игнатенко (1977) считает наиболее приемлемым для почв пятен всех типов термин "остаточные", добавляемый к названию окружающей почвы под растительностью (остаточнo-глееватые, остаточнo-глеевые, остаточнo торфянисто-глеевые и т.д.) и выделяет их также на уровне рода.

Наши исследования процессов динамики состава почвенных растворов, морфологии и химизма почв пятен показали, что, несмотря на тесную связь, существующую между почвами в пределах почвенно-мерзлотного комплекса, почвы пятен по всем параметрам существенно отличаются от окружающих их тундровых глеевых почв и правильнее выделять их на типовом уровне (Васильевская, 1979). Данные, подтверждающие это положение, будут приведены в последующих главах работы. Термин "остаточные" нам кажется не вполне удачным, так как и глеевые, и другие процессы почвообразования идут в пятнах и в настоящее время, определяя их специфику.

На легких по механическому составу отложениях (пески, супеси) в пределах равнинной части полуострова формируется тип тундровых дерновых почв. Можно выделить два подтипа этих почв: тундровые дерновые слаборазвитые и тундровые собственно дерновые.

В лиственничных редколесьях урочища Ары-Мас на легкосуглинистых и супесчаных отложениях были описаны почвы, относящиеся к типу таежных глеево-мерзлотных (Игнатенко, 1978). Нами эти почвы не были встречены; но в связи с тем, что на почвенной карте полуострова они были показаны, таежные глеево-мерзлотные почвы введены в систематический список.

Не вполне ясна для тундр правомерность выделения самостоятельного типа болотно-тундровых почв (тундровые заболоченные, по классификации Е.И.Ивановой), переходного типа от собственно тундровых глеевых к тундровым болотным почвам. Высокая степень заболоченности территории тундры осложняет в ряде случаев разделение даже

собственно тундровых и болотных почв. Однако нами этот тип был выделен для почв, развивающихся в полугидроморфных условиях, характеризующихся, как мы увидим в дальнейшем, своеобразными режимами и приуроченных к определенным элементам почвенно-мерзлотных комплексов (валики полигональных болот, бордюры некоторых типов пятнистых тундр, вершины бугров в плоскобугристых заболоченных тундрах).

Наиболее распространенным подтипом болотных почв на Таймыре являются болотные торфянисто(торфяно)-глеевые почвы (торфянисто-глеевые при мощности торфа менее 30 см и торфяно-глеевые — от 30 до 50 см). Кроме того, в лесотундре встречаются торфяные болотные верховые и низинные почвы (при мощности торфа более 50 см).

Для почв пойм тундровых рек было выделено два типа: пойменных дерновых и пойменных болотных почв (подтипы см. табл. 12). Мы располагаем небольшим фактическим материалом по характеристике почв горного массива Бырранга. Весьма ориентировочно нами было выделено три типа собственно горных почв: горные примитивные органогенно-щебнистые, горные дерновые и горные подбуры.

Все почвы полуострова мерзлотные, поэтому во всех таблицах это определение в названии почв опускается. Арктические почвы мыса Челюскина нами не изучались, нет литературных данных по их характеристике, но в список почв они включены, так как показаны на почвенной карте.

МОРФОЛОГИЯ И МИКРОМОРФОЛОГИЯ ПОЧВ

Последовательное изложение материала по морфологии тундровых почв на основе систематического списка представляет известные трудности в связи с чрезвычайно развитой пестротой почвенного покрова. При описании почв в поле нами применялся траншейный метод, широко используемый почвоведом, работающими в тундре. Особенно большое внимание развитию этого метода полевого описания почв было уделено Е.Н.Ивановой и И.В.Игнатенко.

Принимая во внимание, что образование комплексов тундровых почв всецело определяется действием мерзлотных процессов, формирующих тот или иной тип микрорельефа, мы считаем целесообразным пользоваться понятием почвенно-мерзлотный комплекс (ПМК) с добавлением названия типа мерзлотного микрорельефа; например, почвенно-мерзлотный комплекс трещинно-нанопolygonальной тундры, бугорковатой тундры и т.п. В связи с этим мы считаем также возможным описывать такие комплексы под одним номером, указывая каждый из элементов комплекса и формирующуюся под ним почву.

Тем самым мы хотим подчеркнуть необходимость сопряженного изучения почв на всех элементах мерзлотного комплекса, так как их генезис зависит от эволюции последних, оказывая в то же время на них обратное влияние. Действительно, положение в микрорельефе в значительной степени определяет гидротермический режим, а следовательно, характер и мощность органогенного горизонта (гумусный, грубогумусный, перегнойный, торфянистый и т.п.), позволяющие относить почву к различному подтипу или даже типу (почва пятна). С другой стороны, мощность органогенного горизонта, его влажность могут существенно сказаться на условиях промерзания и эволюции мерзлотных форм (растрескивание, образование и рост ледяных клиньев, лучение и т.п.).

Признавая специфику почв пятен и считая правильным выделение их как самостоятельное почвенное образование на типовом уровне, мы, однако, также считаем необходимым в каждом конкретном случае указывать в их классификационном наименовании, элементом какого мерзлотного комплекса является пятно (нано-полигонального, бугорковатого, полигонально-валикового...), так как сама эта принадлежность определяет наличие определенных свойств: механического состава, степени увлажнения, аэрации, оглеения, термического режима. Кроме того, если исходить из цикличности процесса

пятнообразования и прохождения поверхности через различные стадии мерзлотного микрорельефа, можно считать несомненной генетическую связь пятна с прилегающими участками под растительностью.

В связи с этим в основу рассмотрения всего излагаемого в работе материала положен принцип именно такого сопряженного изучения почв на различных элементах ПМК. Вместе с тем описание морфологии в каждом конкретном случае мы начинаем с интересующего нас в первую очередь типа или подтипа почв.

При описании морфологии почвенных профилей мы применили систему индексов, изложенную в "Программе почвенной карты СССР масштаба 1:2 500 000" (1972) и несколько уточненную в процессе работы.

Индексы основных горизонтов, обнаруженных при описаниях почв Таймыра: O1 - торфянистые или подстилочные горизонты, состоящие в основном из неразложившихся (или слабо разложившихся) растительных остатков, почти полностью сохранивших главные черты исходной формы; O2 - те же горизонты, но состоящие в основном из среднеразложившихся растительных остатков, частично сохранивших первоначальную форму (в виде обрывков растительной ткани); в горизонтах O потеря при прокаливании больше 50%; AO - верхние органо-минеральные грубогумусовые перегнойные горизонты, содержащие значительное количество (70-30% по объему) органической массы любой степени разложившихся, при этом органическая масса находится преимущественно в механической смеси с минеральной частью почвы и легко от нее отделяется; A1 - верхние минеральные горизонты, наиболее темно окрашенные в профиле, содержат хорошо гумифицированный органический материал, образованный на месте и находящийся в тесной связи с минеральной частью почвы; B - минеральные горизонты, лежащие под горизонтами O, AO, A1, характеризующиеся любым изменением цвета и структуры по сравнению с горизонтом A и отличающиеся от горизонтов G и C; G1 - глеевые горизонты, окрашенные в яркие синие, голубые и сизые тона; G2 - глеевые горизонты, пестро окрашенные в голубоватые, сизые и ржавые тона; G3 - глеевые горизонты, имеющие оливковые, зеленоватые и серовато-зеленоватые тона; C - почвообразующая порода; K - хрупкие ячеистые корочки мощностью не более 2-3 см, образующие поверхностную часть профиля почв пятен.

Индексы переходных горизонтов: O1/AO - переходный горизонт, в котором верхняя торфянистая или подстилочная часть постепенно переходит в грубогумусную перегнойную; AO/A1 - переходный горизонт со смешанными признаками и грубогумусного перегнойного горизонта с примесью полуразложившихся растительных остатков, и хорошо гумифицированного органического материала, тесно связанного с минеральной частью почвы; A1B - переходный гумусо-аккумулятивный горизонт, где образование гумуса идет как *in situ* из корневого опада, так и иллювинованием из подстилки.

Малые индексы, дополнительные к индексам основных горизонтов; ca - горизонты, содержащие карбонаты кальция и магния, g -

горизонты, имеющие морфологические признаки оглеения, недостаточные для отнесения к собственно глеевым горизонтам; h – иллювиально-гумусовые горизонты; f – иллювиально-железистые горизонты; p – наличие в горизонтах камней размером больше 1 см (щебень, гравий, глыбы, валуны, галька и т.п.) в количестве, большем 10% по объему; v – горизонты, на 50% или более состоящие из живых частей растений (очесы мхов и лишайников и т.д.); t – тиксотропные горизонты.

Значок ⊥ обозначает мерзлые (в момент описания) цементированные льдом водоупорные горизонты.

ТИП. ТУНДРОВЫЕ ГЛЕЕВЫЕ ПОЧВЫ

1 ПОДТИП ТУНДРОВЫХ ГЛЕЕВАТЫХ ГУМУСНЫХ ПОЧВ

Тундровые глееватые гумусные почвы в пределах Таймыра приурочены к наиболее суровым местообитаниям. На вершинах и склонах останцов, на предгорных террасовидных уступах, равно как и на вершинах моренных холмов и гряд в пределах Таймырской низменности, почвенный покров формируется в условиях наиболее сурового термического и ветрового режима, приближающегося к арктическому. Снежный покров за счет сдувания ветром здесь крайне маломощен или вообще отсутствует, что в зимний период способствует интенсивному морозобойному растрескиванию поверхности и последующей ветровой и снежной денудации с образованием пятнистых трещинно-нанопolygonальных тундр.

Значительная часть таких поверхностей (до 60–80%) приходится на чуть выпуклые голые пятна минерального грунта, разделенные сетью неглубоких (5–10 см) трещин-ложбин или относительно выровненных участков с маломощным дриадово-моховым покровом, под которым формируется также очень незначительный по мощности (2–10 см) гумусово-аккумулятивный горизонт AO/A1 или A1, ниже идет минеральная толща, близкая по морфологии к прилегающему пятну.

Таким образом, в пространственном отношении почвенный покров здесь представляет собой закономерное чередование почв минерального пятна и окаймляющей его трещины-ложбины; структуру его, пользуясь принятой классификацией (Фридланд, 1972), можно определить как регулярно-циклический polygonально-трещинный комплекс.

В качестве иллюстрации будет рассмотрено только несколько почвенных разрезов, наиболее типичных и представляющих в то же время варианты в генетическом и подзональном плане. Наиболее подробно, включая минералогические, микроморфологические и сезоннодинамические исследования, изучен разрез 251, являющийся одновременно и наиболее представительным для большей части территории (Васильевская, Иванов, 1971). В связи с этим целесообразно начать рассмотрение материала именно с этого разреза.

Плоская часть водораздела (абс. высота 120 м) в среднем течении р. Пясины близ устья р. Агапы, превышение над урезом реки около 100 м. Пятнистая трещинно-нанопolygonальная тундра. Пятна занимают до 60–80% поверхности, разделены сетью неглубоких (2–5 см) ложбин с дриадово-зеленомоховым покровом (см. рис. 2). Разрез заложен в середине августа при глубине оттаивания, близкой к максимальной (75 см).

Ложбина под растительностью

- O1/AO 0–5 см. Сырая темно-бурая дернина, рыхлая, в нижней части с примесью бурого мелкозема, плохо отслаивается, переход постепенный.
- AB 5–20 см. Сырой, серовато-бурый иловатый средний суглинок, вязкий, слегка прокрашенный гумусом, с большим количеством корней и их полуразложившимися остатками; переход постепенный.
- B_{1g} 20–45 см. Сырой, коричневато-бурый, иловатый средний суглинок, вязкий, творожистой структуры; корней меньше, переход заметный по механическому составу.
- B_{2g} 45–75 см. Мокрый, оливково-бурый, иловатый легкий суглинок, неясно выраженной структуры, местами с сизыми и ржавыми пятнами; стенка разреза интенсивно оплывает.
- ⊥ C_{1g} 75–110 см. Мерзлый суглинок, по цвету и механическому составу близок к вышележащему горизонту, редкие ледяные прослойки.
- ⊥ C_{2g} 110–130 см и глубже. Мерзлый средний суглинок, ледяных прослоек нет.
- Почва: тундровая глееватая гумусная

Почва пятна

- B_{1g} 0–25 см. Сырой, грязно-бурый, иловатый средний суглинок, вязкий, творожистой структуры, пористый, много корней. Переход постепенный.
- B_{2g} 25–50 см. Сырой, коричневато-бурый, иловатый средний суглинок, вязкий, творожистой структуры, пористый, корней меньше. Переход заметен по механическому составу.
- B_{3g} 50–75 см. Мокрый, оливково-бурый, иловатый легкий суглинок, неясно выраженной структуры, местами с сизыми и ржавыми пятнами; стенка разреза интенсивно оплывает.
- C_g 72–110 см. Мерзлый, по морфологии близок к вышележащему горизонту, редкие ледяные прослойки.
- ⊥ C 110–130 см и глубже. Аналогичен вышележащему, но без сизых пятен и прослоев льда.

В сделанном на том же участке разрезе в августе следующего года, характеризовавшемся крайней сухостью, были обнаружены не-

Б. Зак. 1360

которые морфологические отличия: почва в целом отличалась меньшей влажностью, пльвинные свойства даже в надмерзлотном горизонте не наблюдались, сизые пятна оглеения отсутствовали; поверхность пятен была сухой, разбитой сетью трещин.

В предгорьях Бырранга и на останцовых поверхностях и увалах северной части Таймырской низменности широко распространены щебнистые отложения. Особенно интенсивно обломки породы накапливаются в результате процессов вымораживания на поверхности пятен, лишенных растительности.

В предгорьях Бырранга и на территории Таймырской низменности сравнительно широко распространены почвообразующие породы, содержащие свободные карбонаты (элювио-делювий коренных карбонатных пород, карбонатные морские суглинки и глины). Формирующиеся на них тундровые глееватые гумусные почвы имеют специфическую морфологию и химизм, позволяющие выделить их на уровне рода — тундровых глееватых гумусных (гумусово-перегнойных) остаточо-карбонатных почв.

Разрез 313

Бровка уступа по левому берегу р. Тареи (приток Пясины в районе гряды Таре-Кодя). Дриадово-осоковая тундра с обильным разнотравьем; на поверхности редких пятен щебенка; мерзлота с глубины 1 м.

Под растительностью

- A1 0–23 см. Влажный, буровато-коричневый, легкий суглинок с валунами, мелкозернисто-порошистый, густо пронизан корнями, плотноват. Переход постепенный.
- V_{1g} 23–66 см. Влажный, бурый с серым и сизым оттенком, средний суглинок с хрящом, зернисто-творожистый, вскипает, вязкий, довольно много тонких корней. Переход постепенный.
- V_{2g} 66–87 см. Сырой, буровато-серый с более четкой сизоватостью, чем вышележащий горизонт, более темный, хрящеватый средний суглинок, хряща меньше, творожисто-мелкоореховатый, вязкий, плотноват.
- Gca 87–100 см. Сырой, грязно-сизый с мелкими белыми точками карбонатов, творожисто-ореховатый, среднесуглинистый, рыхловат, корней нет.
- Почва: тундровая глееватая гумусная остаточо-карбонатная

Для морфологии остаточо-карбонатных почв характерны наличие хорошо выраженной зернисто-порошистой или творожисто-мелкоореховатой структуры, довольно высокая прогумусированность профиля и особенно верхнего гумусового горизонта, сравнительно слабое развитие оглеения. Такие признаки отмечаются и для почв, развивающихся на осадочных породах без обломков карбонатных пород.

В подзоне типичных тундр на морских монтмориллонитовых глинах и суглинках темно-серого цвета, богатых карбонатами, также

формируются тундровые глееватые гумусные остаточо-карбонатные почвы, уже описанные нами для предгорий Бырранга (разр. 313).

При сопоставлении имеющихся в нашем распоряжении морфологических описаний, включая и вышеприведенные, обнаруживается в целом однотипное строение профиля по однородным элементам трещинно-политонального ПМК с тундровыми глееватыми гумусными почвами и почвами пятен. Различия сводятся лишь к повышенному содержанию скелетного материала на поверхности пятен и в ложбинах между ними в случае каменистого почвообразующего субстрата (следствие морозной сортировки) и наличию вскипания от HCl в почвах пятен при формировании их на карбонатных почвообразующих породах, местами наблюдающихся в предгорной части гор Бырранга и на прилегающих останцовых поверхностях в пределах Северо-Сибирской низменности.

К характерным чертам морфологии почв этого подтипа следует отнести: маломощность поверхностного органогенного горизонта на участках между пятнами, перегнойный и близкий к гумусному характер органического вещества в этих горизонтах, сравнительно слабое макро- и микроморфологическое проявление оглеения, что, как увидим ниже, подтверждается и аналитически.

Статистическая обработка данных по 14 разрезам тундровых глееватых гумусных почв показала, что средняя мощность верхнего подстилочного горизонта (O₁ или AO/A₁) составляет 5 см с колебаниями от 2 до 7 см. Располагающийся ниже гумусовый горизонт A₁ или AB имеет среднюю мощность 17 см. Ниже следует серия слабооглеенных бурых горизонтов B_g. Обычно по некоторым изменениям в окраске, плотности и в структуре выделяется два или три подгоризонта B_g. Глубина сезонного оттаивания (на конец июля — начало августа) составляет 65 см (колебания от 30 до 100 см).

Средняя мощность сезонноталого слоя тундровых гумусных глееватых почв превышает таковую для других подтипов тундровых глееватых почв, в подзональном плане более "южных". Это парадоксальное на первый взгляд явление объясняется более благоприятным летним тепловым режимом тундровых гумусных глееватых почв из-за малой мощности органогенного горизонта, обилия пятен, лишенных растительности, приуроченности к относительно хорошо прогреваемым вершинам холмов и гряд.

И.В.Игнатенко, детально изучивший почвы двух стационаров Ботанического института АН СССР — "Тарея" и "Ары-Мас" (1971, 1978), выделяет аналогичные почвы как тундровые глееватые или тундровые оглеенные, в зависимости от положения по элементам нано- и микрорельефа — глееватые на так называемых основных поверхностях и оглеенные — на бровках пятен в пятнистых тундрах. При этом морфология профиля и химизм почв фактически не различаются. Нам представляется не совсем правильным стремление обязательно разделить по названиям аналогичные почвы, приуроченные к различным элементам ПМК.

Для тундровых гумусных глееватых почв Таймыра, как и для всех других подтипов и типов почв Таймыра, формирующихся на суглинистых и глинистых отложениях, характерно довольно высокое содержание органических веществ по всему профилю. При описании почв и почвообразующих пород часто отмечаются сероватые тона; особенно хорошо серую и темно-серую окраску толщи почв и почвообразующих суглинистых пород можно наблюдать вдоль рек, на крутых уступах коренного берега и террас, расчлененных на правильные пирамиды в результате процессов термоабразии речных берегов.

Учитывая высокое содержание гумуса в минеральной части профиля, И.В.Игнатенко предлагает для всех тундровых глеевых почв добавлять название "пропитанно-гумусовые" (1971), при этом ко всем горизонтам (Bg, G, BCg и др.) добавляется индекс h. На возможных источниках высокого содержания органического вещества в почвах Таймыра мы остановимся более подробно в дальнейшем. Здесь уместно будет сказать только, что это может быть унаследованность от породы, образование *in situ* из отмирающих корней, иллювиирование из верхних гумусово-аккумулятивных горизонтов. В наших исследованиях при описании разрезов индекс h мы применяли только при четко выраженном иллювиировании гумуса на легких отложениях. В связи со всем сказанным мы не считали целесообразным при каждом названии тундровых глеевых почв добавлять определение "пропитанно-гумусовые".

ПОДТИП ТУНДРОВЫХ ГЛЕЕВЫХ ТИПИЧНЫХ ПОЧВ

Тундровые глеевые типичные почвы на Таймыре приурочены главным образом к склонам водораздельных холмов и гряд, к плоским выровненным поверхностям междуречий, древним надпойменным террасам. Если тундровые глееватые гумусные почвы служат, как правило, компонентом трещинно-наполюгональных ПМК, то тундровые глеевые типичные свойственны пучинно-бугорковатым ПМК с пятнами, хотя встречаются и в трещинно-наполюгональных тундрах.

Рассмотрим описания наиболее типичных разрезов, заложенных в различных частях характеризуемого региона. Как и в предыдущем разделе, описание целесообразно начать с наиболее представительного разреза, охарактеризованного наибольшим комплексом исследований, включая многолетние сезоннодинамические. Разрез заложен в центральной части Таймырской низменности, в долине р. Пясины.

Разрез 253

Склон водораздельного холма в среднем течении р. Пясины близ устья р. Агапы. Пятнисто-бугорковатая кустарниково-пушицево-моховая тундра. Мерзлота на глубине 37 см (начало августа). Понижение между бугорками под растительностью.

O1/AOv O-1C см. Сырой, коричневато-бурый, мохово-торфянистый,

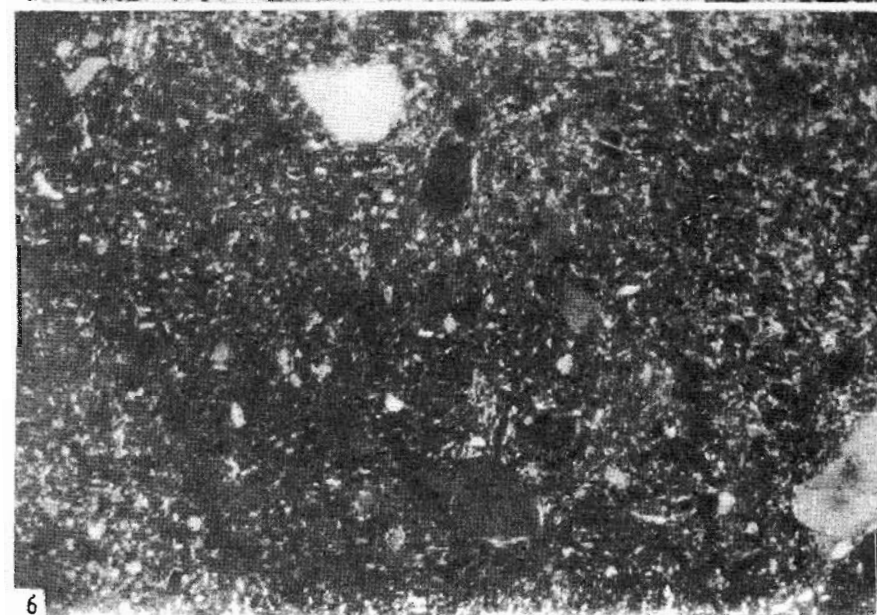
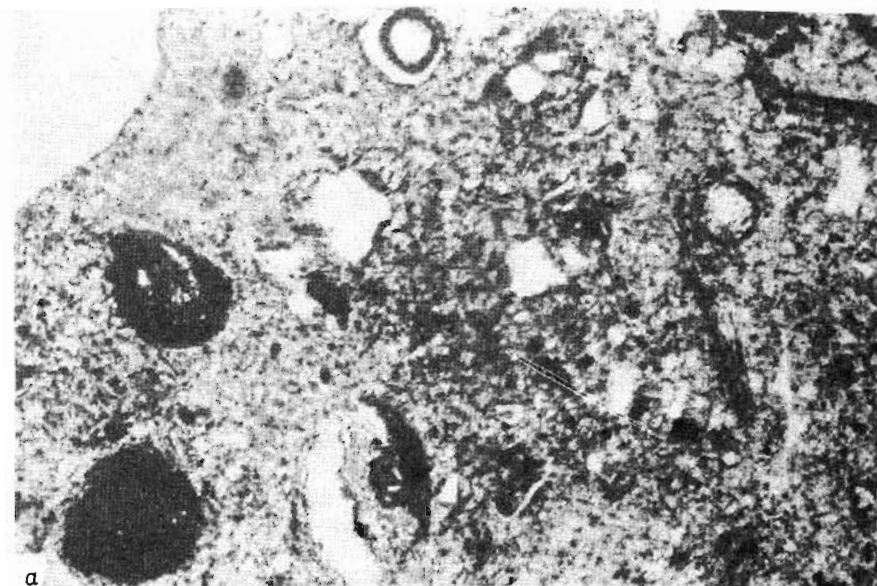


Рис. 11. Микростроение тундровой глеевой типичной почвы. Разрез 253, увеличение 9×8

а - 0-10 см, // николи; б - 10-50 см, × николи

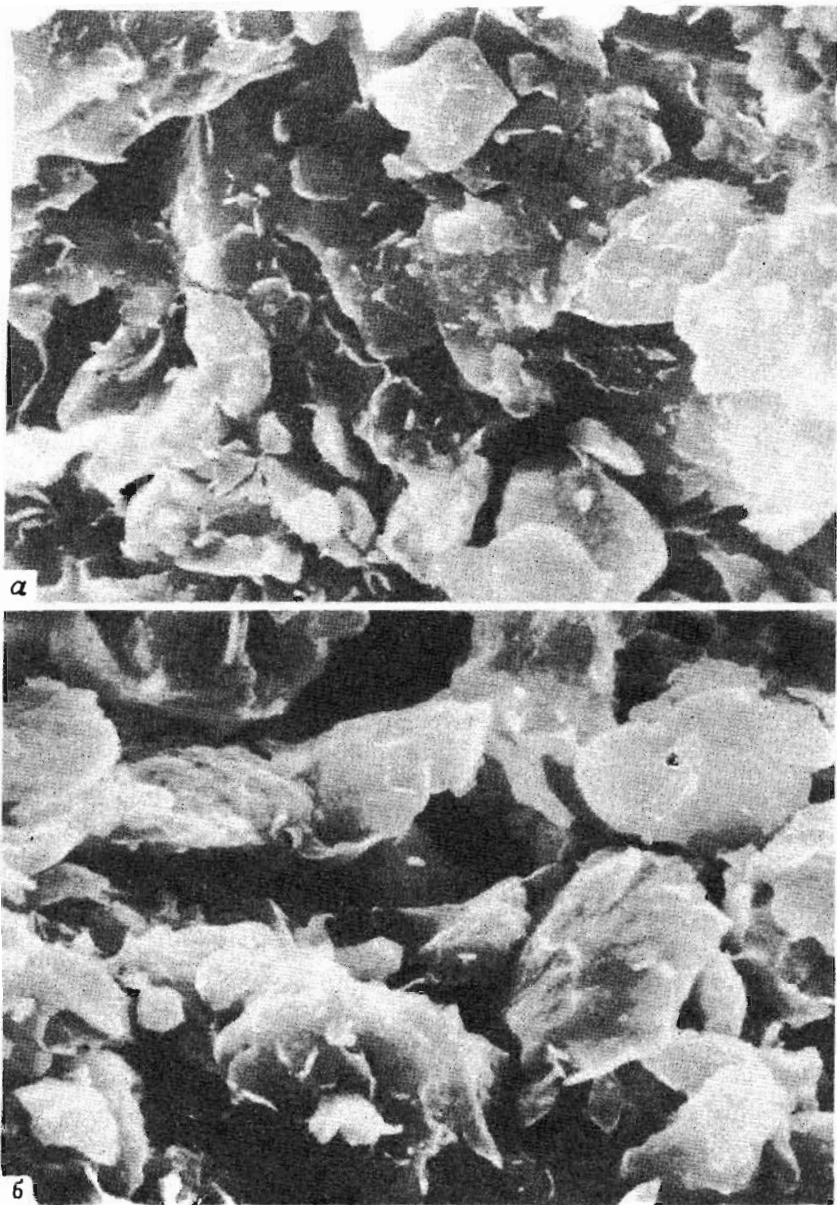


Рис. 12. Микрофотография излома агрегата горизонта Вg тундровой глеевой почвы. Разрез 253, фото С.А.Шобы. Растровый электронный микроскоп

a - увеличение 4200, *б* - увеличение 6300

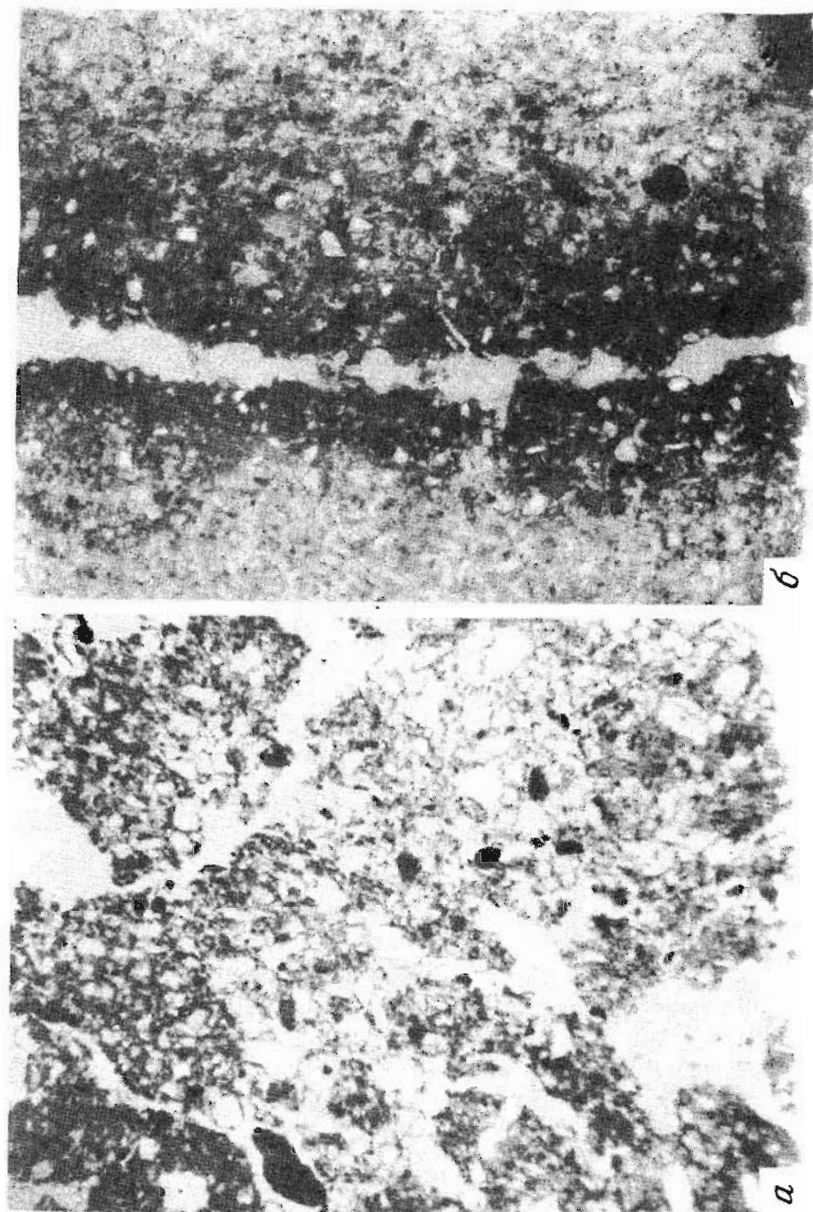


Рис. 16. Микростроение почвы пятна. Разр. 251, увеличение 9x8, x-никон.
a - 0,25 см, *б* - 60-75 см

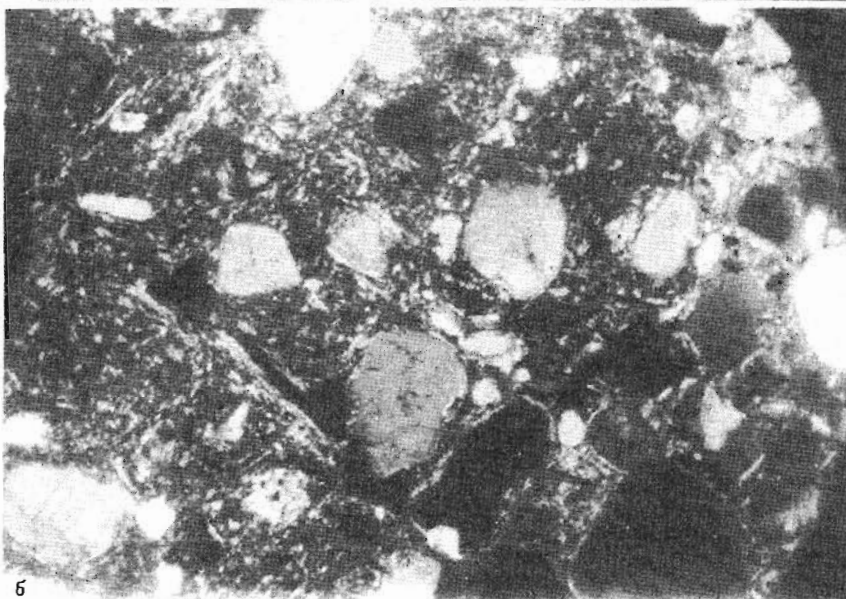
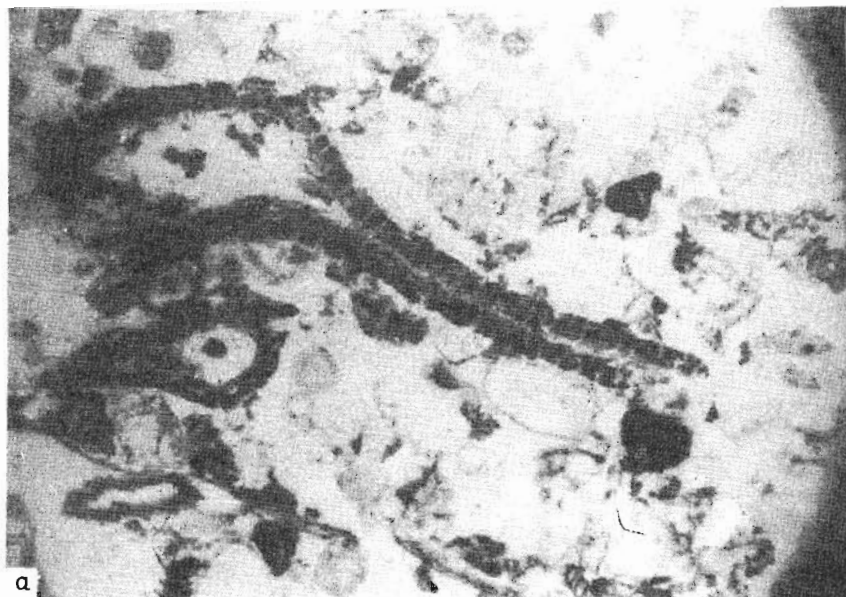


Рис. 21. Микростроение болотно-тундровой торфянисто-перегнойно-глеевой почвы. Разр. 253, увеличение 9×8
 а - 10-15 см // николи, б - 25-45 см, × николи

в нижней части с примесью суглинистого мелкозема, густо пронизанный корнями, переход заметный.

B_g 10-20 см. Сырой, буровато-сизый с ржавыми пятнами, плотный вязкий, глинистый, бесструктурный, густо пронизан корнями, особенно в верхней части горизонта. Переход постепенный, нечеткий.

G_2 20-37 см. Мокрый, глинистый, неоднородный по окраске: на голубовато-сизом фоне вертикальные ржавые потеки; плотный, вязкий, бесструктурный, с 37 см мерзлый.

Почва: тундровая глеевая типичная.

Почва пятна на бугорке.

B_g 0-10 см. Серой, ржаво-бурый с сизыми пятнами, глинистый, непрочной творожисто-комковатой структуры, плотный, густо пронизанный корнями, переход постепенный, по неровной границе.

G_2 10-50 см. Сырой, ярко-сизый, глинистый, бесструктурный, влажный, с редкими корнями; с 30 см широкие яркие ржаво-охристые затеки и пятна.

C_g 50-110 см. Серый с сизым оттенком, мерзлый, глинистый с многочисленными линзами и прослоями льда.

Микроморфологические исследования почвы пятна и глеевой части профиля тундровой типичной почвы показывают, что верхний горизонт (0-10 см) имеет неоднородную окраску (рис. 11а, вкл.), преобладают бурый и ржаво-бурый цвета. Органическое вещество представлено слабогумифицированными растительными остатками. Горизонт слабо агрегирован, плотный.

Ржаво-бурая окраска свидетельствует об интенсивных окислительных процессах, протекающих с выделением большого количества аморфных соединений железа, равномерно пропитывающих горизонт. Встречаются выделения гидроокисных соединений железа в виде рыхлых стяжений до 0,1-0,5 мм в диаметре. Горизонт оглинен, признаков миграции глинистого вещества не обнаружено. Глинистое вещество сконцентрировано в чешуйчатые агрегаты различной ориентации. Степень анизотропности глинистой массы высокая; она уменьшается в зонах скопления аморфных соединений железа. Просветленные зоны оглеения, имеющие сероватую окраску, редки.

Горизонт 10-30 см микроморфологически резко отличается от предыдущего, сплошная серая окраска со скоплением бурой органики и непрозрачными рудными минералами свидетельствует о сплошном оглеении этого горизонта (рис. 11б). Для него характерно плотное сложение без признаков агрегирования. Поры редкие, преимущественно биологического происхождения. Глинистые частицы ориентированы вдоль пор и корней растений, они образуют волокнистую структуру. В отдельных зонах наблюдается сетчатая структура ориентированных глин. Однако чаще глинистые ориентированные агрегаты в форме вытянутых чешуек расположены веерообразно вдоль основных почвенных компонентов (пор, корней, минералов).

Микроморфология изломов агрегатов тундровой глеевой почвы (выполнено С.А.Шобой) свидетельствует об агрегированном состоя-

нии глинистого материала. Глинистое вещество образует тонкие, со слегка изогнутыми краями ультрамикрoагрегаты-чешуйки достаточно изометричной формы (рис. 12, вкл.). Размеры чешуек колеблются в небольших пределах - от 1 до 8 мкм; толщина их составляет около 1 мкм, она уменьшается от центра чешуйки к периферии.

Тундровые глеевые почвы содержат незначительные количества несиликатного железа, извлекаемого реактивом Джексона. Это наряду с очень низким содержанием высокодисперсного органического вещества обуславливает четкую морфологию глинистых чешуек. Упаковка монтмориллонитовых глинистых чешуек рыхлая. Они разведены сетью шелевидных пор размером 0,5-3,0 мкм. Взаимное расположение чешуек беспорядочное.

Описанное строение глинистого вещества тундровых глеевых почв во многом, как мы увидим в дальнейшем, обусловлено преобладанием монтмориллонита, слабокислой реакцией почв и насыщенностью ее катионами.

Отмеченная при описании разр. 253 мощность верхнего органогенного горизонта для тундровых глеевых почв является максимальной. Как и в случае тундровых глеевых гумусных почв, близость к предгорьям гор Бырранга обуславливает появление в почвах щебня, особенно четко отмечаемого по каменности почв пятен.

В различных типах почвенно-мерзлотных комплексов тундровые глеевые типичные почвы занимают разное положение, меняется и набор почв в комплексе. В приведенном описании тундровые глеевые типичные почвы были приурочены к понижениям между плоскими бугорками с хорошо выраженными почвами пятен и к бордюрам вокруг пятен (это наиболее часто встречающееся положение). В этом случае в ложбине сформирована тундровая глеевая торфянистая почва. В бугорковатых тундрах с редкими пятнами тундровые глеевые типичные почвы часто занимают вершины бугорков и комплексуются с тундровыми глеевыми перегнойными почвами понижений между бугорками.

При анализе морфологических описаний тундровых глеевых типичных почв, характеризующих различные части изученной территории на меридиональном пересечении всей Таймырской низменности (почти 500 км), обнаруживается в целом довольно однотипное строение почвенного профиля. Обработка данных по тридцати разрезам показала, что мощность органогенного горизонта в них колеблется от 2 до 10 см, составляя в среднем 4 см. В 18 случаях из 30 - это слабо или средне разложившийся мохово-подстилочный слой (O1 или реже O2), хорошо отслаивающийся от нижележащей минеральной толщи. Это обстоятельство, видимо, объясняется образованием на контакте ледяных шпиров при осенне-зимнем промерзании.

В остальных 12 случаях верхний горизонт был определен как O1A0, где в пределах 4-5-сантиметрового слоя наблюдался очень постепенный переход от слаборазложившегося мохового горизонта к грубогумусовому перегнойному, представляющему собой смесь органических остатков разной степени разложения с минеральными частицами.

В большинстве случаев непосредственно под подстилочным горизонтом залегают толща глея, чаще всего это пестроокрашенный в сизые, голубоватые и ржавые тона горизонт G2. Однородный голубовато-сизый глеевый горизонт (G1) был встречен лишь в 5 случаях из 30, а оливковый - лишь в двух разрезах. В восьми разрезах наблюдалась заметная окисленность верхней части профиля, в этом случае между органогенным и глеевым горизонтом выделялся горизонт Bg мощностью 10-25 см (в среднем 18 см).

Мощность сезонноталого слоя в тундровых глеевых почвах (конец июля-август) составляет в среднем 38 см (колебания от 18 до 62 см). По сравнению с тундровыми глееватыми гумусными в тундровых глеевых типичных почвах значительно чаще наблюдаются явления гиксотропии, четче прослеживаются явления криогенной деформации минеральной толщи (выпучивание, боковое сжатие, излияние пльвуна на поверхность через разрывы в дернине и погребение органогенных горизонтов). Свежие следы излияний гиксотропных минеральных оглеенных горизонтов особенно часто наблюдались нами в южной части низменности, в полосе лесотундры.

И.В.Игнатенко почвы с небольшой мощностью подстильно-перегнойного горизонта (A0 в пределах 4-5 см) также относит к тундровым глеевым собственно, не применяя термина "типичные".

ПОДТИП ТУНДРОВЫХ ГЛЕЕВЫХ ПЕРЕГНОЙНЫХ ПОЧВ

Как мы уже отмечали при описании морфологии тундровых глеевых типичных почв, в комплексе с ними в бугорковатых тундрах широко представлены и тундровые глеевые перегнойные почвы ("тундровые перегнойно-глеевые" по И.В.Игнатенко). В бугорковатых тундрах плоских водораздельных поверхностях тундровые глеевые перегнойные почвы составляют часто основной фон. Но наиболее типичные местоположения этих почв приурочены к надпойменным террасам многочисленных рек Таймырской низменности. В широко распространенных на террасах полигонально-валиковых ПМК тундровые глеевые перегнойные почвы свойственны бордюрам вокруг пятен, неглубоким ложбинам, выровненным задернованным поверхностям (древние заросшие пятна, обсохшие днища полигонов и т.п., рис. 13).

В качестве примера строения профиля тундровой глеевой перегнойной почвы можно рассмотреть описание разр. 258, заложенного на приподнятом участке второй надпойменной террасы Пясины, в районе устья Агапы (рис. 14).

Разрез 258

Пятнистая кустарниково-осоково-моховая тундра. Пятна занимают 26% поверхности. Мерзлота: в ложбине - 40 см, на валике - 60, на пятне - 70 см (середина августа).

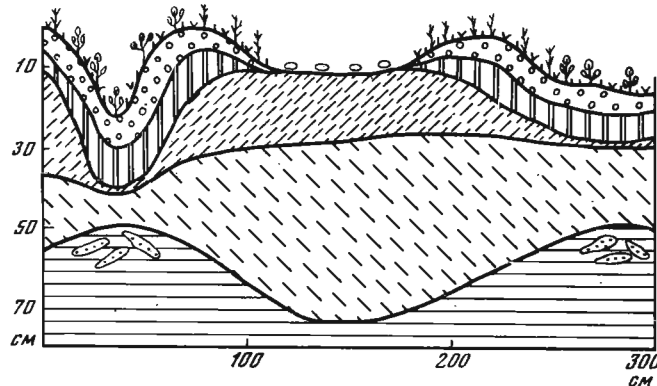
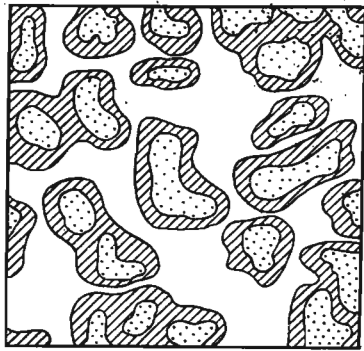


Рис. 14. Почвенно-мерзлотный комплекс полигонально-валиковой пятнистой тундры II надпойменной террасы р. Пясины:

1 - водоросли, 2 - мхи, 3 - осоки, 4 - кустарнички, 5 - кустарники, 6 - гор. O1, 7 - гор. AO/A1, 8 - гор. B_{1g}, 9 - гор. B_{2g}, 10 - мерзлая толща, 11 - линзы льда

Ложбина между пятнами

O1 0-10 см. Кустарничково-моховая дерновина, слабо разложившаяся, плотная, плохо отслаивающаяся.
 AO/A1 10-40 см. По морфологии близок к соответствующему горизонту бордюра: грубогумусный с примесью отбеленных минеральных частиц; нередко подстилается ледяными клиньями. Нижележащие минеральные горизонты находятся в мерзлом состоянии.
 Почва: тундровая глеевая перегнойная.

Валик-бордюр пятна

O1 0-5 см. Кустарничково-моховая дерновина, слабо разложившаяся, плохо отслаивается.

Рис. 13. Распределение элементов микро рельефа и почв на участке кустарничково-осоково-моховой тундры II надпойменной террасы р. Пясины в районе устья р. Агапы. Площадь участка 100 м²:

1 - почвы пятен, лишенных растительности; 2 - тундровые глеевые перегнойные почвы бордюров; 3 - тундровые глеевые перегнойные и болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые почвы ложбин

AO/A1 5, 10 см (до 15 см). Грубогумусный с примесью отбеленных песчаных частиц, редкие ржавые пятна, густо пронизан корнями. Переход по очень неровной границе; к пятну постепенно выклинивается, остается только AO; к ложбине, наоборот, мощность увеличивается.

B_{1g} 10-30 см. Сырой, оливково-бурый с сизым оттенком и ржавыми пятнами, тиксотропный, средний суглинок, вязкий, бесструктурный, с органикой.

B_{2g} 30-65 см. Сырой, оливково-бурый, тиксотропный, средний суглинок, в нижней части с сизыми пятнами; до начала августа мерзлый; максимальная глубина оттаивания 60 см.

Почва: тундровая глеевая перегнойная тиксотропная.

Почва пятна

B_{1g} 0-20 см. Сырой, оливково-бурый с сизым оттенком, средний суглинок, тиксотропный, вязкий, непрочной комковато-творожистой структуры, густо пронизан живыми корнями. Переход очень постепенный по плотности.

B_{2g} 20-40 см. Аналогичен вышележащему, но более плотный, менее влажный, с резкими, неясно выраженными сизыми и ржавыми выцветами; редкие поры.

B_{3g} 40-75 см. Сырой, серовато-бурый, с 70 см мерзлый, бесструктурный, средний суглинок, с редкими ледяными прослойками.

A_{погреб} 75-80 см. Прослой мерзлого погребенного органического горизонта, представляющего собой смесь полуразложившихся растительных остатков и супесчаного осветленного мелкозема.

C_{мерзл} 80-150 см. Светло-бурый мерзлый средний суглинок, ледяных прослоев нет.

В более глубоких ложбинах в этом же типе тундр формируются болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые почвы.

Микроморфологические исследования показывают, что поверхностные органические горизонты AO/A1 ложбин и бордюров практически однотипны. Для них характерна серовато-бурая окраска, обусловленная значительным содержанием гидроокислов железа и высокодисперсного гумуса, рыхлое микростроение, ясно выраженная агрегированность (агрегаты, как правило, угловатой и неправильной формы). Почвенная масса пронизана грубыми растительными остатками. Глинистое вещество в скрещенных николях имеет низкую степень анизотропности, что обусловлено присутствием значительного количества Fe₂O₃ и высокодисперсного гумуса. Заметен слабый вынос илестых частиц по межагрегатным и крупным внутриагрегатным порам.

Поверхностный горизонт B_g почвы минерального пятна имеет буровато-серую окраску, плотное микростроение, слабо агрегирован. Преобладают поры неправильной формы в неагрегированной массе. Единичные фрагментированные растительные остатки равномерно распределены в горизонте. Признаков вымывания глинистого вещества

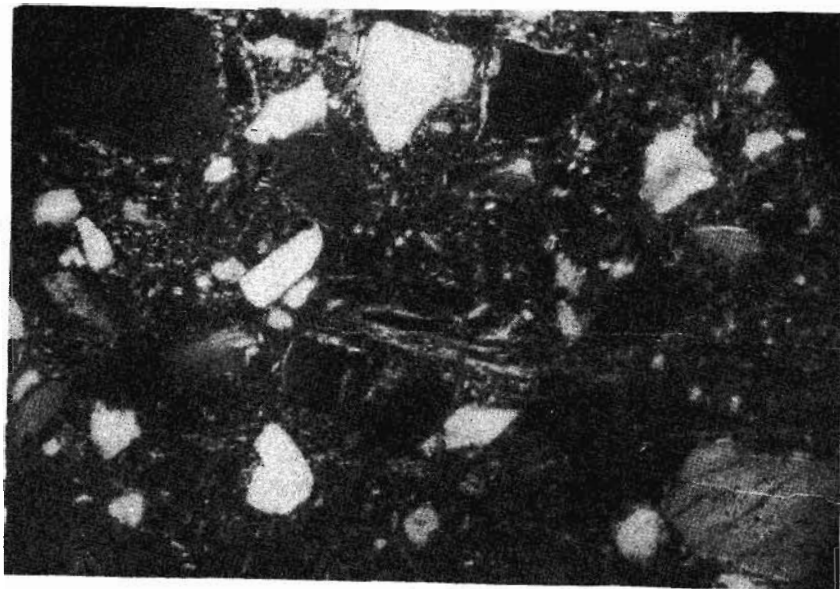


Рис. 15. Микростроение глеевого горизонта тундровой глеевой перегнойной почвы. Разр. 258, 10–30 см, х николи

ва не обнаружено. Глина находится главным образом в виде пленок на поверхностях пылеватых и песчаных зерен первичных минералов и обнаруживает совершенную оптическую ориентацию в скрещенных николях.

Горизонты почв на пятне и под растительностью с глубины 20 см и ниже микроморфологически не различаются. Для них характерно плотное микростроение, отсутствие агрегированности, наличие пор неправильной формы в неагрегированной массе. Глинистое вещество цементирует зерна минерального скелета. В скрещенных николях отмечается пленочное и чешуйчатое микростроение оптически ориентированных глин. Для этих горизонтов характерна локальная дифференциация и концентрация грубо- и тонкодисперсного материала (т.е. наличие микрозон, обогащенных илом, и зон, обогащенных пылеватыми и песчаными частицами первичных минералов). Признаки перемещения глинистого вещества отсутствуют. Среди зерен минерального скелета присутствуют крупные (до 4–5 мм), хорошо окаймленные обломки пород (рис. 15).

Общей чертой, характеризующей органические горизонты тундровых глеевых перегнойных почв по всем элементам микрорельефа, является их резко облегченный механический состав по сравнению с нижележащей минеральной толщей. На обсуждении этой стороны морфологии почв мы остановимся в дальнейшем. Тундровые глеевые перегнойные почвы внедолинных ландшафтов были описаны нами в различных подзонах тундр в пределах низменности. Обобщение опи-

саний 40 разрезов тундровых глеевых перегнойных почв помогло установить следующие основные особенности их морфологии. В отличие от тундровых глеевых типичных почв горизонты O1 и O2 выделяются в этих почвах довольно редко (11 случаев), мощность их в среднем около 5 см. Под этими горизонтами или сразу с поверхности идет горизонт переходного типа (O1A0 или A0/A1), довольно большой мощности. Суммарная мощность органических горизонтов в среднем составляет 13 см с колебаниями от 8 до 40 см.

Кроме сравнительно большой мощности, органические горизонты тундровых глеевых перегнойных почв характеризуются большим морфологическим разнообразием. В разных разрезах нами выделялись фактически все возможные типы горизонтов и их переходов: O1, O2, O1A0, A0, A0/A1. Степень разложения органических остатков, мера гумификации, примесь минеральных частиц, характер связи минеральной и органической части в этих горизонтах существенно варьируют.

В тундровых глеевых перегнойных почвах достигает большой мощности и собственно гумусово-аккумулятивный горизонт A1 (в среднем 11 см). Из сорока разрезов горизонт A1 или AB был встречен в 10 случаях. Но наиболее характерным для этих почв является грубогумусовый перегнойный горизонт A0/A1, содержащий большое количество растительных остатков разной степени разложения — так называемой трухи. Интересной морфологической особенностью этого горизонта является также наличие отбеленных минеральных частиц, главным образом крупного и среднего песка.

Тундровые глеевые перегнойные почвы в системе ПМК чаще всего бывают приурочены к пониженным частям микро- и нанорельефа. Как мы увидим в дальнейшем, внутрипочвенный сток идет главным образом по этим рыхлым органическим горизонтам, подстилаемым мерзлотой, и отбеливание является следствием горизонтального надмерзлотного элювирования.

Оглеенная, минеральная часть профиля дифференцирована слабо. Примерно в половине из описанных разрезов (17 из 40) выделяется относительно слабо оглеенный горизонт Bg, в некоторых случаях слабоскипающий (при формировании на породах, богатых карбонатами). Остальная часть сезоннооттаивающей части профиля оглеена сильно или глеевый горизонт располагается сразу под гумусово-аккумулятивными. Как и в тундровых глеевых типичных почвах, преобладают глеевые горизонты типа G2. Ярко-сизые или голубые и оливковые тона встречаются реже (9 и 5 соответственно).

За лето тундровые глеевые перегнойные почвы оттаивают несколько больше, чем тундровые глеевые типичные (средняя глубина 42 и 38 см соответственно), хотя варьирование уровня оттаивания также весьма существенно — от 15 до 75 см. В данном случае решающую роль, видимо, играет в среднем более легкий механический состав этих почв, особенно верхних горизонтов, что даже при более мощном органическом горизонте обеспечивает большую величину протаивания.

ПОДТИП ТУНДРОВЫХ ГЛЕЕВЫХ ТОРФЯНИСТЫХ ПОЧВ

Почвы этого подтипа распространены на Таймыре сравнительно мало. Нами было описано всего 10 разрезов почв с довольно мощным (для тундр) торфянистым горизонтом (в среднем 12 см; колебания от 7 до 15 см). Чаще всего это слаборазложившийся моховой, иногда осоково-моховой и осоковый торф, довольно рыхлый. Ниже всегда располагается интенсивно оглеенная толща (горизонты G1, G2). В этих почвах слабооглеенные горизонты Bg не встречаются.

Мощность сезонно-талого слоя в торфянистом подтипе тундровых глеевых почв примерно такая же, как и в перегнойных почвах (43 см; колебания от 18 до 75). Несколько большая интенсивность оттаивания этих почв по сравнению с тундровыми глеевыми типичными также объясняется, на наш взгляд, более легким механическим составом и более интенсивной обводненностью.

Тундровые глеевые торфянистые почвы образуют довольно однородный покров в мелкобугорковатых или мелкопочковатых тундрах или встречаются в комплексе с тундровыми глеевыми типичными или перегнойными почвами в понижениях соответствующих ПМК.

Разрез 125

Пологий берег оз Диене. Водораздел Янгода-Пясина. Заболоченная мелкобугорковая кустарниково-осоково-моховая тундра. Мерзлота на глубине 65 см (начало августа).

O2 0-7 см. Сочится вода. Бурый осоковый торф средней степени разложения.

G1 7-65 см. Сочится вода. Однородная толща голубовато-сизого вязкого суглинистого глея.

Почва: тундровая глеевая торфянистая.

ТИП. ПОЧВЫ ПЯТЕН

Рассматривая вопросы классификации тундровых почв, мы уже останавливались на проблеме выделения почв пятен как самостоятельного генетического типа тундровых почв. В связи с необходимостью обоснования этого положения целесообразно дать не только более подробную характеристику конкретной морфологии почв пятен, но и рассмотреть геометрию, физиономический облик и происхождение различных типов пятнистых тундр.

Все разнообразие пятнистых тундр Таймыра может быть сведено в основном к трем формам, имеющим общие геометрию и происхождение. Первый тип - пятнистые трещинно-нанопolygonальные тундры вершин водораздельных холмов и гряд, образовавшиеся за счет морозобойного растрескивания грунтов, ветровой и снежной корразии растительной дернины, а частично за счет процессов дефляции и солифлюкции. Второй тип - пятнистые пучинно-бугорковатые тундры склонов, сформировавшиеся вследствие процессов пучения и

последующей денудации вершин бугорков. Третий тип - пятнистые polygonально-валиковые тундры надпойменных террас, являющиеся этапом развития polygonально-валиковых болот по мере поднятия и обсыхания территории. Этот тип пятнистых тундр особенно характерен для Таймыра.

Различия в строении почвенного профиля тундровых глеевых почв и почв пятен наиболее заметны в верхней части профиля. Напомним, что в тундровых глеевых почвах с поверхности располагается грубогумусный или торфянисто-перегнойный органический горизонт; в разных подтипах почв он характеризуется неодинаковыми мощностью и степенью разложения органического вещества, а также специфичностью гумуса. Располагающаяся ниже система глеевых или глееватых горизонтов в значительной мере близка по морфологии к глеевым горизонтам почв пятен (см. описание разр. 251, 253, 258).

По морфологии четко выделяются следующие группы почв пятен. Почвы пятен с наименее оглеенным профилем морфологически представляют собой сочетание двух, реже трех горизонтов Bg буровато-серой окраски с сизым или оливковым оттенком, суглинистого механического состава. Верхний горизонт, как правило, бывает более структурным, зернисто- или комковато-творожистым, пористым. Нижние горизонты более плотные, вязкие и бесструктурные. Тиксотропия в почвах пятен этого типа практически не выражена. Глееватые почвы пятен встречаются обычно в комплексе с тундровыми глееватыми гумусными почвами в трещинно-нанопolygonальных тундрах и оттаивают примерно на ту же глубину (около 65 см).

Микроморфологическое изучение профиля пятна (разр. 251) показало, что по микростроению здесь различаются верхние и нижние горизонты пятен (Васильевская и др., 1975). В верхнем горизонте Bg почвенная масса серовато-бурой окраски, рыхлого сложения, слабо агрегирована: агрегаты преимущественно угловато-неправильной формы первого порядка, размером до 3 мм (рис. 16а, вкл.). Внутриагрегатные поры преобладают над меагрегатными. Все они имеют неровные, извилистые стенки. Видимая порозность в шлифах составляет 20-25%. На отдельных участках стенки крупных пор и поверхности минеральных зерен отмыты от глинистого вещества. Однако перераспределение ила по профилю незначительно, что подтверждается результатами механического анализа. Почвенная масса пронизана грубыми, часто фрагментированными растительными остатками различной степени разложения. Дисперсный аморфный гумус плохо диагностируется вследствие малого содержания и неинтенсивной окраски.

Первичные минералы сцементированы глинистым веществом. Последнее в скрешенных николях имеет чешуйчатое микростроение. Часто глинистое вещество образует анизотропные пленки на поверхностях минеральных зерен толщиной до 0,01 мм. Горизонт B_{2g} также имеет рыхлое микросложение, слабо агрегирован: обнаруживаются лишь единичные агрегаты размером до 4 мм. Порозность обусловлена наличием трещин и пор. В отличие от горизонта B_{1g} в этом го-

ризонте отмечается уменьшение содержания неразложившихся растительных остатков, отсутствие отмытости стенок пор и минеральных зерен от глинистого вещества. Глинистое вещество в скрещенных николях имеет чешуйчатое и пленочное (на поверхностях минеральных зерен) микростроение. Степень анизотропности глинистой массы высокая, несмотря на то что отдельные чешуйки глинистого вещества расположены беспорядочно.

Для надмерзлотного горизонта В_{3g} характерны серая окраска, плотное сложение, отсутствие агрегированности. Растительные остатки единичны. Основная почвенная масса оглеена, о чем свидетельствует серая окраска горизонта, обусловленная отсутствием гидроксидных соединений Fe³⁺. Последние лишь обнаруживаются по отдельным порам и трещинам (зоны окисления), которые имеют ржаво-бурю окраску (рис. 16б). Глинистое вещество анизотропно, преобладают оптически ориентированные глины чешуйчатого микростроения.

Значительно более распространенным вариантом почв пятен являются почвы с сильно оглеенным профилем. Морфологически профиль такой почвы состоит из интенсивно оглеенной гомогенной толщи сизого или голубовато-сизого цвета с редкими охристыми пятнами, количество окисленных участков возрастает вниз по профилю. Из 22 обработанных разрезов глеевых почв пятен горизонт G1 был встречен 8 раз, оливковый горизонт G3 — всего два раза, а пестроокрашенный горизонт G1 — 15 раз (иногда под горизонтом G2). Глеевые почвы пятен обычно имеют тяжело-суглинистый или глинистый механический состав; почвы эти вязкие, бесструктурные, часто тиксотропные. В большинстве случаев почвы пятен этого типа встречаются в комплексе с тундровыми глеевыми перегойными и типичными почвами.

Иногда в интенсивно оглеенных почвах пятен выделяется верхний окисленный горизонт. В таком случае с поверхности располагается сизовато-бурый горизонт B_g мощностью 10–20 см. Он более сухой, чем нижележащая глеевая толща, творожистый или зернисто-творожистый. Довольно часто ниже располагается линза ярко-синего глея (рис. 17), а потом уже следует обычный грязно-сизый или буровато-сизый глеевый горизонт с тусклыми ржавыми пятнами. Ярко-синий глеевый горизонт всегда бывает четко приурочен к оголенному пятну и не заходит в профили почв под растительностью. Причины образования этого горизонта нам еще недостаточно ясны.

Общим признаком для почв пятен Таймыра является пронизанность профиля корнями растений, заходящих сюда с соседних участков, занятых растительностью. В ряде случаев почвы пятен имеют верхнюю пористую корочку, бурно вскипающую от соляной кислоты. Иногда вскипают и верхние 15–20 см профиля почвы пятна. Морщинистая пористая корочка с накипными лишайниками мощностью около 1 см часто образуется при высыхании и на не вскипающих почвах пятен. При наличии в почвообразующей породе щебня, валунов разного размера происходит вымораживание их на поверхность почвы пятна.

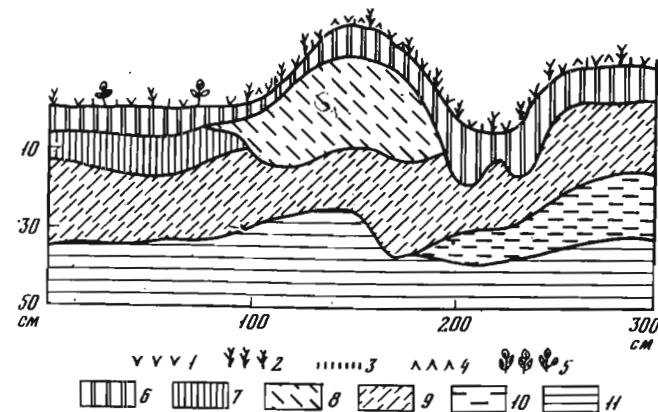


Рис. 17. Профиль почв дриадово-осоково-моховой бугорковой тундры в районе пос. Тарая

1 — осоки, 2 — дриада, 3 — мхи, 4 — лишайники, 5 — ивы, 6 — гор. АО/А1, 7 — гор. А1, 8 — гор. G1, 9 — гор. G2, 10 — гор. G3, 11 — мерзлая толща

В наиболее континентальных условиях, в частности на Восточном Таймыре, И.В.Игнатенко (1978) отмечает наличие в почвах пятен многочисленных трещин усыхания. Трещины усыхания шириной 0,5–1,5 см и глубиной 5–15 см разбивают поверхность пятен на неправильные многоугольники с поперечником 7–25 см. Сеть морозобойных трещин и трещин усыхания определяет хорошую фильтрационную способность почв и достаточную аэрацию. Они способствуют более быстрому оттаиванию почв пятен и смене восстановительных условий окислительными. Вследствие этого снижается интенсивность оглеения. Глеевые почвы пятен оттаивают в среднем на 50–55 см (колебания уровня оттаивания от 30 до 90 см.).

Заканчивая знакомство с морфологией почв пятен и окружающих тундровых глеевых почв под растительностью, можно заметить, что основным различием в строении профиля этих почв является отсутствие в почвах пятен органогенного горизонта. Это обстоятельство уже говорит о разном типе строения профиля. При крайнем дефиците тепла в мерзлотных тундровых почвах создается четко выраженная контрастность экологических условий в поверхностных горизонтах почв двух элементов нанокомплекса, совершенно меняется характер поступления органического вещества в профиль почвы, водный и воздушный режим.

В почвах пятен четче прослеживаются явления тиксотропии. В верхних горизонтах почв пятен отмечается более высокая пористость и несколько лучшая оструктуренность мелкозема по сравнению с рядом лежащими тундровыми глеевыми почвами. Это свидетельствует о том, что такой элементарный почвенный процесс, как криогенное оструктурирование, в почвах пятен имеет большую интенсивность.

ТИП. ТУНДРОВЫЕ ДЕРНОВЫЕ ПОЧВЫ

Тундровые дерновые неглеевые почвы формируются на отложениях легкого механического состава (пески, супеси). Как мы уже отмечали при описании почвообразующих пород Таймыра, песчаные отложения в пределах полуострова занимают весьма ограниченные территории. В основном они приурочены к долинам рек. Нами они исследовались в значительно меньшей мере, чем почвы на суглинках и глинах. Но все-таки некоторый материал по формирующимся на легких отложениях почвам в нашем распоряжении есть.

Нами было выделено два подтипа дерновых почв: дерновые неглеевые почвы с хорошо развитым гумусово-аккумулятивным горизонтом и тундровые неглеевые слаборазвитые почвы.

ПОДТИП ТУНДРОВЫХ ДЕРНОВЫХ СЛАБОРАЗВИТЫХ ПОЧВ

Тундровые дерновые слаборазвитые почвы формируются на выходах песков в пределах древних надпойменных террас под лишайниково-кустарничково-лишайниковыми тундрами. Чаще всего среди кустарничков на легких породах доминирует кассиопея (*Cassiope tetragona*).

Разрез 130

Останец древней террасы в долине р. Пясины около о. Ермолаева. Бугорковатая кассиопеево-лишайниковая тундра. Мерзлота на глубине 90 см.

- A1 0–24 см. Влажный, бурый с сероватым оттенком, песчаный, плотноват, неясноглыбистый, довольно много корней.
B₁ 24–37 см. Влажный, желтый со слабым оливковым оттенком, песчаный с примесью гальки, единичные корни, рыхлый, бесструктурный.
B₂ 37–60 см. Влажный, светло-бурый, песчаный, слегка заплывший, рыхлый, бесструктурный.
C 60–90 см. Влажный, желтый, слоистый, среднезернистый песок. Почва: тундровая дерновая слаборазвитая.

Дерновые слаборазвитые почвы часто бывают приурочены к песчаным гривам вдоль (или вокруг) озер, расположенных на надпойменных террасах.

Разрез 814A

Обнажение на берегу озера на надпойменной террасе р. Верхняя Таймыра (напротив устья р. Дерба-Бигай). Мелкобугорковатая тундра с разреженным растительным покровным из куртин дриады, злаков (*Poa* sp., *Trisetum sibiricum* и др.) и разнотравья (*Papaver* sp., *Saussurea tilesii* и др.). Мощность толши песков до дна озера 8–10 см. Местами прослой погребенного торфа и растительной ветоши. По обнажению хорошо видна слоистость.

A1C 0–20 см. Влажный, буровато-серый, рыхлый, бесструктурный, среднезернистый песок, большое количество корней.

Ниже слоистая толща песков.

Оттаивают дерновые слаборазвитые почвы примерно на 1 м, в ряде случаев на 1,5 м. Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта составляет в среднем 20 см.

ПОДТИП ТУНДРОВЫХ ДЕРНОВЫХ ПОЧВ

Тундровые дерновые почвы с относительно хорошо сформированным профилем, так же как и слаборазвитые почвы, встречаются в ландшафтах нанополигональных или мелкобугорковатых тундр высоких террас; сложенных древнеаллювиальными песками и супесями. На высокой террасе р. Новой эти почвы детально описаны И.В. Игнатенко (1978).

Следует остановиться еще на одном крайне незначительном в площадном отношении, но в то же время очень характерном для долин крупных рек ландшафте с тундровыми дерновыми почвами, приуроченном к крутым, хорошо прогреваемым южным склонам надпойменных террас и коренных берегов – так называемых яров, с богатой разнотравной растительностью, резко выделяющейся на общем довольно однообразном фоне моховой тундры (рис. 18, 19). Для участков, ими занимаемых, характерно развитие периодически повторяющихся процессов оползания, смыва, нарушения почвенного профиля с погребением и инверсией горизонтов.

В условиях относительно стабильного состояния в верхних вышележащих частях склонов здесь могут формироваться довольно мощные дерновые почвы, иногда с погребенными горизонтами.

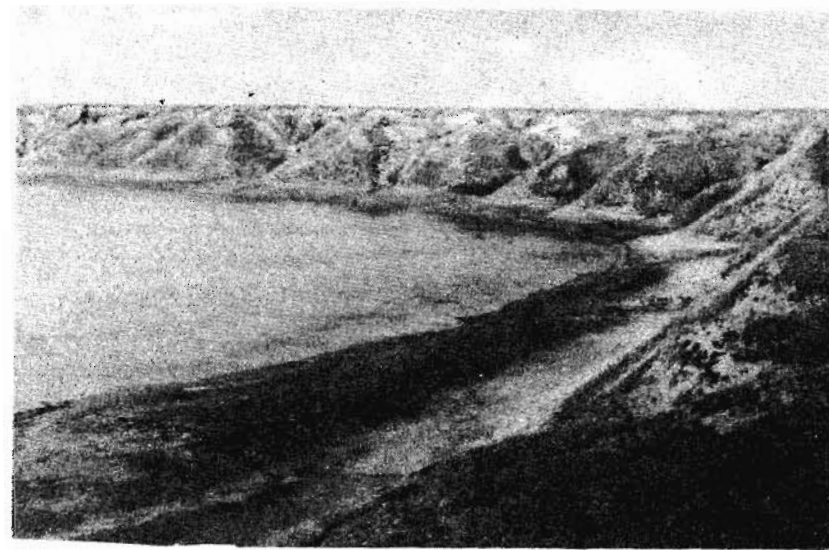


Рис. 18. Крутые склоны II надпойменной террасы р. Пясины (яры). Фото Б.М. Павлова



Рис. 19. Разнотравно-злаковая луговина на ярах

Разрез 303

Долина р. Тареи, крутой склон яра. Разнотравно-дриадовая тундра. Мерзлота на глубине 63 см.

A1 0-7 см. Влажный, буровато-серый, песчаный, рыхловат, почти бесструктурный (неяснокомковатый), густо пронизан корнями. Мощность горизонта варьирует, граница неровная.

B_{1g} 7-26 см. Влажный, охристо-бурый, в нижней части ярко-охристый, со слабым оливковым оттенком, связанный, рыхлый песок, довольно много корней, местами затеки гумуса.

Aпогреб 27-40 см. Влажный, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне более светлые желтоватые пятна, местами охристые, песчаный, рыхлый, бесструктурный, много корней.

G2 48-63 см. Сырой, окраска неоднородная; на сизовато-оливковом фоне более яркие желтые и черные пятна, песчаный, рыхлый, бесструктурный.

Почва: дерновая глубокоглеевая.

Тундровые дерновые неглеевые или глубокоглееватые почвы формируются также в весьма интересных микроландшафтах песчаных норвищ, кормовых столиков хищных птиц, в местах песчаных ловушек. Описания таких почв было приведено нами в разделе, посвященном роли животных в почвообразовании.

Обработка данных по 20 разрезам дерновых почв позволяет установить некоторые общие черты их морфологии и одновременно констатировать разнообразие в строении их профиля.

Прежде всего необходимо отметить, что в отличие от тундровых глеевых почв в дерновых, как правило, отсутствуют горизонты слаборазложившихся или полуразложившихся растительных остатков, хотя в ряде случаев может быть маломощный (2-3 см) слой подстилки или тундрового войлока. Гумусово-аккумулятивный горизонт характеризуется значительной степенью гумификации растительных остатков, органическое вещество здесь тесно связано с минеральной частью профиля. Гумус образуется в основном *in situ* из корневого опада.

Средняя мощность горизонта A1 в дерновых почвах 22 см (колебания от 3 до 52 см). При наличии достаточного фактического материала можно было бы наметить видовые группы тундровых дерновых почв по мощности гумусово-аккумулятивного горизонта.

Характерной особенностью дерновых почв Таймыра является и наличие надмерзлотного оглеения. Мерзлота, как правило, в этих почвах имеет льдистый характер, несмотря на легкий механический состав отложений, и служит хорошим водоупором. Так, описанные И.В.Игнatenко (1978) дерновые почвы лесного массива Ары-Мас имеют четко выраженное надмерзлотное оглеение; дерновые почвы яров стационара "Тарей", и по нашим данным, и по данным И.В.Игнatenко (1971), также характеризуются признаками оглеения в нижней надмерзлотной части профиля. Из имеющихся в нашем распоряжении описаний дерновых почв примерно в половине разрезов четко выделяется оглеенный горизонт (или B_g, или G2, или BCg).

Мощность сезонноталого слоя в дерновых почвах наибольшая из всех типов почв Таймыра - около 100 см (в 6 случаях из 20 больше 150-185 см). В ряде разрезов тундровых дерновых почв и нами, и И.В.Игнatenко было отмечено иллювирирование гумуса, реже - железа. Гумусово-иллювиальный горизонт B_h чаще всего приурочен к глубине 10-20 см.

Перечисленные морфологические признаки дерновых почв тундр Средней Сибири позволяют нам сделать заключение о их весьма существенных отличиях от подбуров, образование которых можно было бы предполагать на легких по механическому составу породах. В профиле этих относительно хорошо дренированных почв нет поверхностного грубогумусного или торфянистого горизонта, нет в большинстве случаев выделяющегося более бурой окраской горизонта B. Кроме того, в отличие от типичных подбуров в дерновых почвах Таймыра почти повсеместно наблюдается надмерзлотное оглеение.

ТИП БОЛОТНО-ТУНДРОВЫЕ ПОЧВЫ

Болотно-тундровые почвы на Таймыре чаще всего встречаются в ПМК плоскобугристых и полигонально-валиковых болот. Они формируются на повышенных элементах микрорельефа. В пятнистых тундрах болотно-тундровые почвы занимают наиболее переувлажненные, пониженные элементы, в частности глубокие ложбины между бордюрами пятен. Поскольку комплексные болота в пределах полуострова в подавляющем большинстве приурочены к террасам рек, то и болотно-тундровые почвы являются неперменным компонентом сложного комплексного почвенного покрова долинных ландшафтов.

Ландшафты плоскобугристых болот характерны для пониженных участков каргинских озерно-аллювиальных террас. На участках плоскобугристых болот наблюдается чередование невысоких (0,5-1 м) плоских бугров с мохово-кустарниковой растительностью и разделяющих их избыточно увлажненных понижений - мочажин 10 м в поперечнике.

Относительно дренированные участки либо образуют неправильной формы полигоны-островки среди массива плоскобугристых болот, либо представляют собой обширные выровненные поверхности, разбитые сетью нечетко выраженных понижений-ложбин полигональных отдельностей; местами на поверхности таких полигонов наблюдаются полностью заросшие минеральные пятна, которые обнаруживаются по кольцеобразным возвышениям бордюров.

Представление о пространственном положении различных элементов комплекса плоскобугристых болот II надпойменной террасы дает закартированный в масштабе 1:2000 их участок (рис. 20).

Морфологию почв по различным элементам мерзлотного комплекса плоскобугристых болот характеризуют нижеследующие описания (II надпойменная терраса р. Пясины в районе устья р. Агапы).

Разрез 558

Средняя часть бугра со сфагново-гипновым моховым покровом.
O1 0-3 см. Сфагново-гипновый моховой очес.

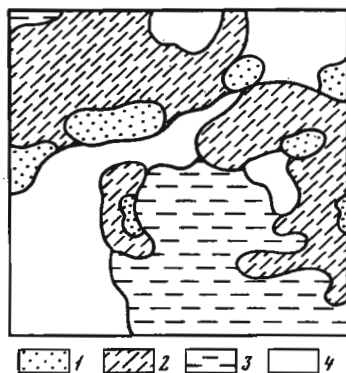


Рис. 20. Распределение элементов микрорельефа и почв на плоскобугристом болоте II надпойменной террасы р. Пясины в районе устья р. Агапы:

1 - болотно-тундровые торфянисто-глеевые почвы сфагновых бугров, 2 - болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые почвы гипсовых бугров, 3 - болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые почвы относительно выровненных участков, 4 - болотные торфянисто-глеевые почвы осоковых понижений

AO 3-13 см. Черно-бурый, органо-минеральный, в нижней части с примесью супесчаного мелкозема, сырой, рыхлый, густо пронизан корнями. Переход очень постепенный.

AO/A1 13-20 см. Черно-бурый, сырой, иловато-супесчаный, рыхлый, бесструктурный, густо пронизан корнями.

Переход постепенный по цвету.

B 20-37 см. Коричневато-бурый, иловато-супесчаный, сырой, рыхлый, бесструктурный, густо пронизанный мелкими корнями. Переход резкий по цвету, по нижней части горизонта сочится вода.

G2 37-55 см. Сизовато-серый с бурым оттенком и ржавыми пятнами и пятнами, сырой, бесструктурный, тиксотропный, легкий суглинок, с 40 см мерзлый с ледяными клиньями, уровень мерзлоты имеет куполообразную форму, постепенно опускаясь к прилегающему понижению.

Почва: болотно-тундровая торфянисто-перегнойно-глеевая.

Заболоченное осоково-гипновое понижение, примыкающее к бугру.

O1 0-3 см. Плотный осоково-гипновый торф, слабо разложившийся.

O1/AO 3-8 см. Темно-бурый, мокрый, торфянистый, рыхлый, с незначительной примесью бурого супесчаного мелкозема, насыщенный корнями. Переход очень постепенный.

AO 8-15 см. Серовато-бурый, мокрый, оторфованный, супесчаный, бесструктурный, насыщенный полуразложившимися корнями осок. Переход постепенный.

G2 15-33 см. Сизо-серый с ржавыми выцветами и ярко-сизыми глеевыми прослоями, легкий (до среднего) суглинок, вязкий, бесструктурный, сырой. Переход очень постепенный.

G1 35-65 см. Аналогичен вышележащему, но меньше ржавых пятен. С 10 см интенсивно сочится вода, быстро заполняя разрез.

Почва: болотная торфянисто-глеевая.

Сильно заболоченная часть понижения между буграми, вода с поверхности.

O1v 0-2 см. Плотная, осоково-пушицевая дерновина, неразложившаяся.

O2 2-7 см. Средней разложивности, черно-бурый, осоково-пушицевый торф, рыхлый, напитанный водой. Переход по цвету.

O1/AO 7-42 см. Коричневато-бурая оторфованная супесь, рыхлая, насыщенная корнями осок. Переход резкий по цвету и механическому составу.

G1 42-65 см. Буровато-сизый, бесструктурный, оглеенный, средний суглинок, с 65 см мерзлый.

Почва: болотная торфянисто-глеевая.

Таким образом, в комплекс почв плоскобугристого болота входят болотно-тундровые почвы вершин бугров и болотные почвы понижений между ними. При увеличении степени заболоченности возрастает мощность торфянистого и оторфованного перегнойного горизонта.

На части территории вторых надпойменных террас почвенный покров не имеет ярко выраженного комплексного характера. Это заболоченные кустарниково-осоково(пушицево)-моховые тундры, сравнительно ровные, со слабо заметными повышениями и несколько более обводненными понижениями.

Анализируя приведенные описания в целом, в качестве наиболее общей черты морфологии почв можно назвать четкое подразделение профиля на две части: верхнюю органогенную (торфянистую или перегнойную, реже торфяную), рыхлую, супесчаную, и нижнюю суглинистую, вязкую, плотную, нередко тиксотропную, без заметного включения органического вещества. Об этом свидетельствуют и микроморфологические исследования (рис. 21, вкл.), согласно которым в шлифах четко различаются верхний (органогенный) и нижележащие горизонты. Для первого характерно рыхлое микростроение, отсутствие агрегированности. Почвенная масса горизонта состоит главным образом из двух компонентов: зерен первичных минералов (кварц, полевые шпаты, амфиболы, пироксены и др.) и растительных остатков. Минеральные зерна образуют рыхлую упаковку, а пустоты между ними заполнены фрагментированными полуразложившимися растительными остатками (рис. 21а). Отмечено низкое, почти незаметное в шлифе содержание глинистого вещества.

Нижележащий горизонт Bg или G имеет буровато-сизую окраску, плотное сложение, с большим количеством округлых пор в неагрегированной массе. Зерна минерального скелета характеризуются взаимным расположением, сходным с расположением вышележащего горизонта. Но здесь они сцементированы глинистым веществом. Зерна минералов окружены пленками (0,02 мм) оптически ориентированных глин (рис. 21б). В крупных порах отмечена слабая отмытость стенок и зерен минералов от глинистого вещества, но заметных признаков его иллювирирования не наблюдается. Зоны окисления приурочены к отдельным порам, где почвенная масса ржаво-бурого цвета.

Рассмотрение данных гранулометрического и минералогического анализа (как будет показано позднее) заставляет рассматривать облегчение механического состава органогенной части профиля не как следствие почвообразования, а как результат формирования почв на исходно двучленных отложениях (супесчаный нанос на древнеаллювиальном суглинке), что, видимо, связано со своеобразным генезисом отложений этих поверхностей (Иванов, 1976б).

В полигонально-валиковых болотах болотно-тундровые почвы приурочены к валикам, возвышающимся на 10-20 см над уровнем заболоченного полигона. Полигонально-валиковые болота относятся к числу широко распространенных и очень характерных для всей тундровой зоны Таймыра ландшафтов. Они абсолютно господствуют в современных долинах как больших, так и малых рек. Формирование мерзлотного микрорельефа происходит здесь в условиях избыточного увлажнения на аллювиальных отложениях легкого механического состава.

Строение мерзлотных комплексов полигональных болот и морфологию формирующихся здесь почв также целесообразно в первую оче-

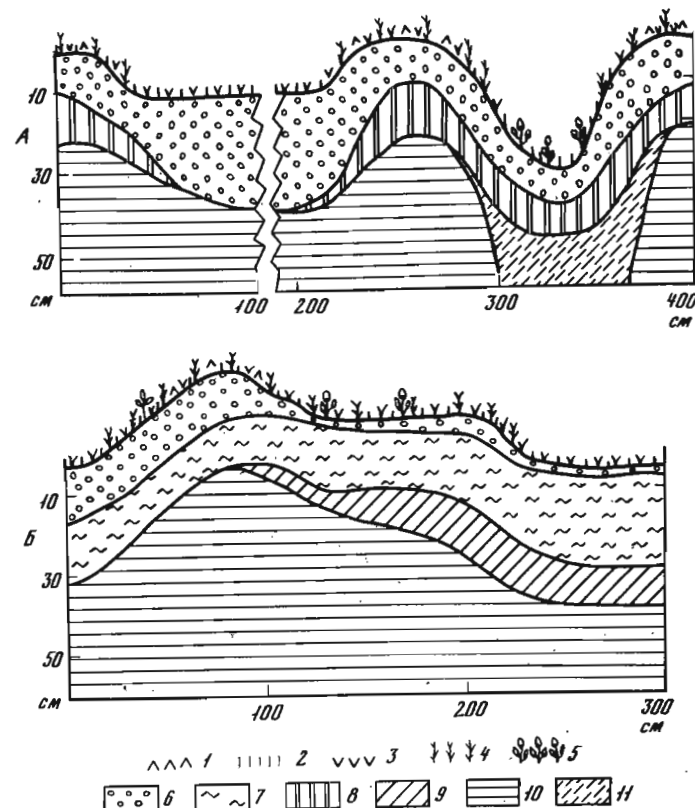


Рис. 22. Почвенно-мерзлотный комплекс полигонально-валикового болота

А - высокая пойма р. Пясины в районе устья р. Агапы; Б - терраса р. Пясины в районе пос. Тарая: 1 - лишайники, 2 - мхи, 3 - осоки, 4 - кустарнички, 5 - кустарнички, 6 - гор. O1, 7 - гор. O2, 8 - гор. AO, 9 - гор. G, 10 - мерзлая толща, 11 - ледяной клин

редь рассмотреть на примере района стационара "Агапа", где характерные ландшафты широко распространены и почти целиком занимают высокую пойменную террасу. Ее поверхность разбита на четко выраженные возвышенные полигоны около 10 м в поперечнике, разделенные системой глубоких (до 0,5-1 м) трещин-ложбин. Преобладают полигоны с четко выраженным валиком, огибающим их по периферии (полигонально-валиковый мерзлотный микрорельеф) и возвышающимся над центральной частью полигона на 0,2-0,5 м. В связи с тем, что в основании валиков лежат ледяные жилы и уровень мерзлоты в пределах полигона имеет чашеобразный характер, поступающие на поверхность полигона атмосферные осадки (главным образом в виде талых снеговых вод) практически не находят стока, что ведет к заболачиванию полигона.

Непосредственно после схода снегового покрова центральная часть таких полигонов занята небольшими озерами, к концу лета подавляющая их часть обычно исчезает, но уровень почвенных вод не опускается глубже 5–10 см от поверхности. Валики полигонов при этом вследствие возвышенного положения оказываются относительно хорошо дренированными (рис. 22).

Разрез 272

Полигонально-валиковое болото на высокой пойме р. Пясины (стационар "Агапа"). На полигонах осоково-пушицево-дрепанокладовое сообщество; на валиках – кустарничково-сфагновое. Мерзлота под валиком – на глубине 20 см, в ложбине – 30 см.

Валик, оконтуривающий полигон

- Ov 0–3 см. Очес живых сфагновых мхов.
O1 3–10 см. Сфагновая моховина, бурая, рыхлая, сырая, в нижней части полуразложившаяся, хорошо отслаивается. Переход постепенный.
AO 10–15 см. Темно-бурый с коричневатым оттенком, рыхлый, сырой, оторфованный, иловато-супесчаный, густо пронизанный корнями, неоднородный по мощности (по трещинам затеками до 25 см). В нижней части горизонта черно-бурая прослойка (0,2–0,3 см) и непосредственно под ней яркая ржаво-охристая прослойка такой же мощности, по трещинам вертикальные ржавые затеки до мерзлоты; верхняя граница ржавого горизонта очень резкая, нижняя размыта, выражен этот горизонт повсеместно (над мерзлым гребнем отсутствует), и горизонт AO подстилается непосредственно ледяным клином.
Vfh 15–30 см. Коричнево-бурый с ржавыми потеками, сырой, песчаный, с большим количеством полуразложившихся корневых остатков осок, залегающих слоисто. На глубине 30 и 50 см погребенные торфянистые прослой (2–3 см). Уровень оттаивания мерзлоты на глубине 20 см. Ниже глей.
Почва: болотно-тундровая торфянисто-перегнойно-железисто-глеевая.

Прилегающая к валику полигона ложбина

- Ov 0–5 см. Мокрая осоковая оторфованная дернина.
O2 5–15 см. Черно-бурый, торфянистый, насыщенный полуразложившимися корнями осок, с незначительной примесью песчаного мелкозема, налитан водой, переход очень постепенный.
O3 15–30 см. Сильно разложившийся торф с примесью супеси, густо пронизанный корнями осок, насыщенный влагой. С 30 см мерзлый.
Почва: болотная торфяно-глеевая.

Приведенные описания и обобщение данных по морфологии 19 разрезов болотно-тундровых почв позволяют нам отметить некото-

рые наиболее общие особенности их морфологии. Прежде всего следует подчеркнуть разнообразие облика их органогенных горизонтов. Фактически в них можно наблюдать всю гамму торфянисто-перегнойных горизонтов разной степени разложения и гумификации органических остатков. Примерно в половине случаев непосредственно с поверхности располагается слаборазложившийся маломощный слой осоково-мохового торфа (O1, мощность в среднем 7 см). Значительно реже этот торф имеет более высокую степень разложения и диагностируется как горизонт O2 (4 случая из 19). Средняя мощность горизонта O2 – 6 см.

Под слоем торфа идет грубогумусовый перегнойный горизонт, часто еще сильно оторфованный (AO или AO/A1), мощность этих горизонтов в среднем около 8 см (колебания от 3 до 19 см). Общая мощность органогенных горизонтов в болотно-тундровых почвах 12 см (колебания 5–24 см).

Чрезвычайно характерной чертой профиля болотно-тундровых почв является наличие под органогенными горизонтами иллювиально-железистого горизонта Vf, часто слегка оглеенного. В описанной нами серии разрезов болотно-тундровых почв горизонт Vf был встречен в 12 случаях из 19.

Нижняя часть профиля болотно-тундровых почв всегда сильно оглеена (горизонты G1, чаще G2). Мощность сезонноталого слоя в болотно-тундровых почвах 38 см (колебания от 15 до 65 см).

ТИП. ТУНДРОВЫЕ БОЛОТНЫЕ ПОЧВЫ

Болотные почвы, как и болотно-тундровые, на Таймыре приурочены в основном к комплексным плоскобугристым и полигонально-валиковым болотам, где в отличие от болотно-тундровых почв, занимают пониженные элементы микрорельефа. Описания болотных торфянисто-глеевых почв приведены при характеристике морфологии почв плоскобугристых болот в предыдущем разделе, посвященном болотно-тундровым почвам (разр. 559, заболоченные понижения). В полигонально-валиковых болотах болотные почвы занимают днища полигонов и ложбины между соседними валиками (разр. 272, ложбина).

Разрез 272

Полигонально-валиковое болото на высокой пойме р. Пясины (стационар "Агапа"). Осоково-моховое сообщество.

Центр полигона с повышенным увлажнением.

Мерзлота на глубине 60 см.

O1v 0–5 см. Черно-бурая плотная плохо отслаивающаяся осоковая оторфованная дернина, сырая, с примесью песчаного мелкозема, переход постепенный.

GS 5–60 см. Буровато-серый с сизым оттенком песок, мокрый, бесструктурный, с большим количеством корней осоки и мелкими

(1-2 см) прослоями растительного детрита, на глубине 20-40 см тонкие оторфованные прослой.

Верховодка с 10 см. С 60 см мерзлый.

Почва: болотная торфянисто-глеевая.

Разделение на виды по мощности торфянистого или перегнойно-торфянистого горизонта было произведено с учетом относительно слабого торфонакопления в континентальных условиях Таймыра (торфянисто-глеевые - до 20 см, торфяно-глеевые - 20-50 см; больше 50 см, - торфяные).

Кроме болотных почв, рассмотренных нами при описании комплексов полигонально-валиковых и плоскобугристых болот, в лесотундре Средней Сибири встречаются участки с некомплексным почвенным покровом, представленным низинными или верховыми торфяниками. Верховые торфяники чаще всего находятся в стадии деградации, поверхность их разбита сетью глубоких трещин. Мощные торфяники, видимо реликтовые, особенно характерны для лесотундры бассейна Енисея. Приводим два описания, сделанные в долине р. Косой.

Разрез 69

I терраса р. Косой. Осоковое болото. Мерзлота на глубине 42 см.

O1 0-42 см. Бурый осоковый торф, густо переплетенный корнями. Почва: торфяная болотная низинная.

Разрез 65

Коренной берег р. Косой. Мощные торфяники (до 3-5 м и глубже). Кустарничково-лишайниковая тундра. Много трещин. Мерзлота на глубине 30 см.

O3 0-10 см. Влажный, черно-бурый, сильно разложившийся торф с примесью иловатых частиц. Рыхлый, бесструктурный, много корней.

O2 10-31 см. Сырой, коричневато-бурый торф средней степени разложивности.

Почва: торфяная болотная верховая.

Обработка данных по 20 разрезам болотных мерзлотных почв Таймыра дала следующие основные результаты. Мощность органогенного горизонта в них наибольшая из всех типов и подтипов почв - 24 см (колебания 10-42 см), средняя глубина сезонного протаивания 38 см (от 17 до 65 см). В большинстве случаев верхний торфянистый горизонт имеет малую степень разложивности (горизонт O1 с поверхности в 15 случаях). Средняя его мощность 14 см. Под слоем слабо разложившегося мохового или осокового торфа обычно идет горизонт более высокой степени разложивности - O2 (мощность 17 см, встречен в 9 случаях) или переходный торфянисто-перегнойный горизонт OAO (мощность 16 см, встречен в 5 случаях).

ГОРНЫЕ ПОЧВЫ

Горы Бырранга занимают значительную часть Таймырского полуострова. Территория эта труднодоступная и в почвенном отношении практически неизученная. Мы тоже имели весьма ограниченную возможность ознакомиться с почвами этого интересного района. Нам удалось поработать в течение сравнительно короткого времени в западных отрогах гор Бырранга, пересекающих низовья Пясины, и в горах Ая-Бырранга (верховья р. Верхняя Таймыра).

На значительных площадях наиболее возвышенных частей гор широко представлены щебнистые осыпи и развалы каменных глыб; в небольших понижениях со скоплениями мелкозема под пятнами растительности из лишайников и низкостебельных мхов с дриадой и сиверсией формируются горные примитивные органогенно-щебнистые почвы. Они обычно характеризуются чрезвычайно примитивными профилем: под тонкой прерывистой мохово-лишайниковой дерниной лежит маломощный (2-10 см) мелкоземисто-щебнистый гумусированный горизонт A1Cp, ниже переходящий в сплошной слой щебня.

Представление о морфологии таких почв дают описания разрез. 809, 810, 811.

Разрез 809

Горы Ая-Бырранга, абс. высота около 500 м. Склон к долине р. Шайтан. Почвенно-растительный покров в западных между развалами глыб коренных пород.

O1v 0-2 см. Дерновина из низкостебельных мхов с дриадой и сиверсией.

ACp 2-6 см. Серовато-коричневый, влажный, рыхлый, порошистый, иловатый средний суглинок с включением щебня основных эффузивных пород и полуразложившейся органики, есть дождевые черви; ниже сплошной щебень.

Разрез 811

Горы Ая-Бырранга, склон к долине р. Дербя-Бигай, Щебнистые осыпи. Разрез в небольшом понижении под пятном растительности из низкостебельных мхов и лишайников.

O1v 0-2 см. Мохово-лишайниковая дернина, в нижней части с незначительной примесью суглинистого гумусированного мелкозема.

ACp 2-10 см. Влажный, серовато-бурый, легкий суглинок, комковато-порошистый, рыхлый, много мелких корней, значительная примесь щебня кристаллических сланцев, ниже образующих сплошной слой.

На относительно выровненных водораздельных участках при большом скоплении мелкоземистого материала наблюдается морозная сортировка последнего, с образованием каменных колец и многоугольников, обрамляющих голое минеральное пятно. Растительный покров здесь имеется только по краю пятна (рыхлая дерновина из мхов и дриады).

Разрез 810

Заложен в центре минерального пятна.

АСр 0–10 см. Палево-желтый, суглинистый, с прочной комковато-зернистой структурой, включение щебня доломитов, вскипает от HCl.

На более низких (200–250 м) гипсометрических уровнях на склонах гор различной крутизны и окаймляющих их предгорий в условиях более сформированного мелкоземистого элювия и лучшего термического режима, обуславливающих существование сомкнутого растительного покрова, наиболее широко распространена группа маломощных тундровых дерновых почв. Представление о их морфологии дает описание разр. 804.

Разрез 804

Горы Ая-Бырранга, склон к долине р. Шайтан крутизной до 30–40°, абс. высота 270 м. Сплошные заросли карликовой ивы, напочвенный покров из разнотравья.

АО/А1 0–5 см. Влажная дернина, очень плотная, густо пронизанная корнями, с примесью черно-бурой супесчаной органо-минеральной массы. Под бинокляром видно, что последняя представлена минеральными микроагрегатами различного размера, главным образом тонкопесчаной фракцией, состоящими из пылевато-глинистого материала, с вкраплением песчаных отбеленных частиц и полуразложившихся растительных остатков, скрепленных бурьм органическим веществом. Переход четкий, по ровной границе.

А1 5–20 см. Влажный, темно-серый до черного, легкосуглинистый, творожисто-зернистый, густо пронизанный корнями, рыхловатый, до 40% примеси щебня кристаллических сланцев. Переход очень постепенный.

АСр 20–50 см. Щебень темноцветных кристаллических сланцев с примесью влажного темно-серого суглинистого мелкозема творожистой структуры (аналогичного вышележащему горизонту). Ниже сплошной слой щебня.

На скальных останцах в низовьях р. Пясины (рис. 23) нами были описаны маломощные горные тундровые иллювиально-железисто-гумусовые почвы (подбуры).

Разрез 106

Западные отроги гор Бырранга, скальный останец.

О1v 0–1 см. Плотная щетка зеленых низкостебельных мхов.

АО/А1 1–3 см. Влажный, черно-бурый, супесчаный, бесструктурный, органо-минеральный. Под бинокляром обнаруживается большое количество грубого органического вещества и ярко выраженная отмытость частиц минерального скелета. Переход постепенный.



Рис. 23. Выходы коренных пород в низовьях р. Пясины. Фото Б.М. Павлова

АО/Vfhp 2–14 см. Влажный, коричневато-бурый, опесчаненный легкий суглинок, рыхлый, густо пронизанный корнями, с включением щебня эффузивных пород. Под бинокляром обнаруживается слабая отмытость частиц минерального скелета, на крупных обломках щебня черно-бурые органо-железистые пленки, примесь грубого органического вещества незначительна, с 14 см сплошной слой щебня.

Разрез 109

Западные отроги гор Бырранга, в низовьях р. Пясины. Скальный останец с подушкой растительности из каспиопей, зеленых мхов, лишайников.

О1v 0–1 см. Рыхлая мохово-лишайниковая дерновина.

А1 1–9 см. Влажный, буровато-коричневый, супесчаный, рыхлый, непрочнокомковатый, густо пронизанный корнями. Под бинокляром слабая отмытость наблюдается только на одиночных зернах минерального скелета, грубое органическое вещество отсутствует.

Vfhp 9–10 см. По границе с плитой коренной породы более темная буро-коричневая прослойка мелкозема (аналогичного вышележащему горизонту). На скальном основании ржаво-бурый органо-железистый натек.

Как видно из приведенных описаний, почвы этого типа при незначительной в целом мощности (10–20 см) характеризуются генетически более развитым профилем: у них, как правило, имеется хорошо сформированный серый или коричневатобурый органоаккумулятивный горизонт А0 и А1 (грубогумусный, реже гумусный), под которым нередко прослеживается зачаточный ржавобурый иллювиальножелезистогумусовый горизонт Вfh. Под бинокляром обнаруживаются преимущественно грубогумусный характер органического вещества, заметная отмытость частиц минерального скелета в органоаккумулятивном горизонте, наличие железистых пленок на щебне в нижней части почвенного профиля, что свидетельствует о наличии слабого иллювиального процесса.

По морфологии и, как увидим позже, химизму (кислая реакция, значительная ненасыщенность) эти почвы, видимо, весьма близки к горно-тундровым почвам Аляски, выделенным американскими исследователями как бурые арктические. В то же время по сумме свойств и признаков они могут быть отнесены к группе неглеевых почв с морфологически неоподзоленным бурым профилем, выделяемых В.О. Таргульяном (1971) как подбуры (литоподбуры)

В отечественном почвоведении понятие о почвообразовательных процессах разрабатывалось с первых шагов развития науки (Сибирцев, 1895; Коссович, 1906, 1910). П.С. Коссович в "Основах учения о почве" (1911) писал, что основное значение для выяснения типов почвообразования имеет изучение почвенных процессов. В 1916 г. С.С. Неуструев предложил среди почвообразовательных процессов различать "элементарные процессы" (гумификация, выщелачивание, солеобразование и т.д.) и более сложные процессы, создающие определенную совокупность почвенных горизонтов, "характерную для определенного типа почвообразования" (1916, с. 1).

В 20–30-х годах текущего столетия понятие об элементарных процессах было еще более четко сформулировано и уточнено работами С.С. Неуструева (1931), С.А. Захарова (1927), Б.Б. Польнова (1930). Возобновлению активного интереса почвоведов к понятию элементарных процессов мы обязаны работам И.П. Герасимова (Герасимов, Глазовская, 1960; Герасимов, 1973) и А.А. Роде (1971, 1976).

И.П. Герасимов ввел термин "элементарные почвенные процессы" (ЭПП), определив их как сочетания взаимосвязанных биологических, химических и физических явлений, протекающих в почвах (1973). А.А. Роде эту же группу процессов называет "частными почвообразовательными макропроцессами" (1971), которые слагаются из многих микропроцессов, изучение которых возможно с помощью стационарных методов.

Разделяя мнение И.П. Герасимова (1975) о необходимости использования ЭПП для генетической диагностики почв, мы попытались на основании свойств твердой фазы почв и изучения ряда микропроцессов путем режимных наблюдений определить тот набор ЭПП, который свойствен изучавшимся нами тундровым почвам Таймыра, по возможности определив относительную интенсивность этих процессов в разных типах почв. Названия процессов и принципы объединения их в определенные группы были заимствованы нами из работ И.П. Герасимова (1975), А.А. Роде (1971), Б.Г. Розанова (1975), Н.А. Караваевой и В.О. Таргульяна (1978).

Для проведения режимных наблюдений и комплексных исследований на территории стационара "Агапа" была выбрана серия биогеоценозов, типичных для различных элементов долины р. Пясины и водораздельной территории. Схематическое расположение основных

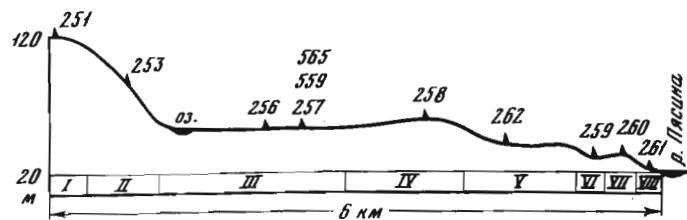


Рис. 24. Схематическое расположение основных почвенных разрезов на профиле через долину р. Пясины в районе пос. Агапа

I – комплекс тундровых гумусных глееватых почв и почв пятен, II – комплекс тундровых глеевых типичных, перегнойных почв и почв пятен, III, V, VI – комплекс болотно-тундровых торфянисто-перегнойно-глеевых и тундровых болотных торфянисто- и торфяно-глеевых почв, IV – комплекс тундровых глеевых перегнойных почв пятен и болотно-тундровых торфянисто-перегнойно-глеевых почв, VII – дерновые слаборазвитые пойменные почвы, VIII – дерново-глеевые пойменные почвы

почвенных разрезов приведено на рис. 24. Подробное описание растительного и почвенного покрова, фауны почвенных беспозвоночных дано в наших прежних публикациях (Васильевская и др., 1972, 1974; Поспелова, 1973, 1974; и др.). Описание морфологии и химизма почв приводится в соответствующих разделах данной работы.

На территории стационара "Тарей" режимные наблюдения проводились в двух типах тундр (пятнистой и бугорковатой) и на полигонально-валиковом болоте. Пятнистые тундры и полигонально-валиковые болота приурочены к террасе р. Пясины высотой 20–25 м, бугорковатые тундры типичны для склона морской (каргинской) террасы к террасовому уровню 20–25 м (Васильевская, Колпащикова, 1978).

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ

Одним из важнейших экологических факторов в тундровой зоне является температура почвы и припочвенного воздуха. Тепловой фактор играет, в частности, огромную роль в жизни растений Крайнего Севера. Он обуславливает флористический состав сообществ, биологию, экологию тундровых растений, оказывает большое влияние на продуктивность тундровой растительности, на состав и распределение фитомассы и биомассы.

Не менее важна роль температуры в процессе почвообразования. Мощность деятельного слоя, интенсивность минерализации растительных остатков, скорость и интенсивность процессов химического превращения веществ и многие другие внутрипочвенные процессы тесно связаны с климатом почвы. В связи с этим на стационаре "Агапа" нами изучался температурный режим почв и припочвен-

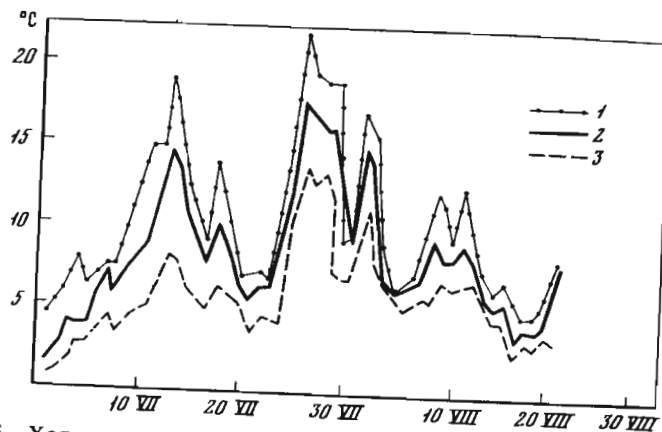


Рис. 25. Ход среднесуточных температур в пятнистой кустарниково-осоково-моховой тундре (1970 г.)

1 – температура поверхности голого пятна, 2 – температура почвы пятна на глубине 5 см, 3 – температура почвы под растительным покровом на глубине 5 см

ных слоев воздуха. Такого же рода наблюдения проводились на стационаре "Тарей" Ботанического института АН СССР им. В.Л. Комарова. Результаты этих исследований опубликованы в ряде работ (Романова, 1969, 1970, 1971, 1978; Романова, Уткина, 1973; Богатырев и др., 1971; Богатырев, 1974б; Васильевская и др., 1974; Тишков, 1975). Здесь мы остановимся лишь на некоторых основных положениях, вытекающих из проведенных наблюдений.

При сравнении данных, полученных на пятнах и участках под растительностью, ясно видно влияние на температуру почв мохового покрова. Несмотря на относительно больший нагрев поверхности, температура почвы на всех глубинах под моховым покровом значительно ниже, да и оттаивают эти участки позже и медленнее (рис. 25). В целом можно отметить, что тепловой режим пятен в сравнении с прилегающим к ним участкам под растительностью в летний период оказывается более благоприятным; оттаивают пятна также раньше. Этим в значительной мере объясняется обилие в почвах пятен живых корней, заходящих сюда из смежных участков с растительным покровом.

Наиболее полной сводкой о влиянии растительности, в частности мхов, на температуру и протаивание почв и грунтов в области вечной мерзлоты является работа А.П. Тыркикова (1969). Им сделан вывод о том, что различные компоненты мохового покрова оказывают неодинаковое влияние на температуру и протаивание. В работе А.А. Тишкова (1975), выполненной на стационаре "Агапа", было показано разнокачественное влияние отдельных видов мхов на температуру торфянисто-мохового слоя. Используя метод одновременных замеров температуры мохового слоя на глубине 5 см, автор

установил, что в пятнистой тундре наиболее высокие показатели наблюдаются под *Aulacomnium turgidum* и *Tomenthypnum nitens*, наиболее низкие – под *Ptilidium ciliare* и *Orthothecium chryseum*, что вызвано разным строением куртин, образуемых этими видами мхов (меняется плотность, мощность и др.).

Сравнение температуры почвы в различных типах тундр показывает, что температура почвы бугристой заболоченной тундры в среднем несколько ниже, чем пятнистой тундры, что объясняется большей мощностью мохового ковра. Влажность почвы и мохового горизонта оказывает существенное влияние на ее температурный режим. В переувлажненных, часто обводненных понижениях уменьшение температур с глубиной идет более плавно, причем верхние слои меньше нагреваются, чем те же слои на буграх, а на глубине 20 см температура в понижениях выше, чем на буграх. Сглажен здесь и суточный ход температуры почвы. На сухих буграх верхние слои почвы имеют более высокие температуры, чем на понижениях, зато на глубине 20 см почва холоднее.

Наиболее благоприятным в течение вегетационного периода оказываются температуры почв на ярах, склонах I надпойменной террасы к реке. При равной температуре воздуха почва на склонах, особенно южных, прогревается значительно интенсивнее. Этому способствует также более легкий механический состав почв яров и отсутствие значительного мохового покрова. Особенно велики различия для глубоких слоев почвы.

Сильное прогревание почвы, обусловленное благоприятной экспозицией и отсутствием мохового покрова, способствует поселению большой группы растений, относящихся к наиболее теплолюбивым арктическим видам (*Poa glauca*, *Koeleria asiatica* и др.). Менее иссушенный склон северной экспозиции с более низкими температурами почвы представляет собой благоприятное местообитание для развития достаточно мощных кустарников. Высота среднего куста *Betula nana* на склоне в 10–15 раз больше высоты среднего куста того же возраста из равнинной кустарниково-осоково-моховой тундры.

Различный режим влажности на склонах разной экспозиции на ярах и в оврагах в значительной мере определяется различными темпами схода снегового покрова и большим накоплением снега на северных склонах за счет преобладающих южных ветров. Математическая обработка полученных данных позволила установить некоторые новые интересные зависимости и связи между отдельными показателями температурного режима.

В табл. 13 представлены обобщенные данные по температуре почв пятнистой тундры II надпойменной террасы Пясины за три года наблюдений. Как для оголенных пятен, так и для почв под растительностью отмечается уменьшение variability температуры с глубиной. Кроме того, данные таблицы позволяют судить о том, что в почвах пятен, лишенных растительности, как и следовало ожидать, колебания температуры значительно большие, нежели на соседних участках под растительностью. В данном случае сказываются

Таблица 13

Средние температуры за летний период в почвах пятнистой кустарниково-осоково-моховой тундры (станция "Агала", 1968–1970 гг., 15. VII–30. VIII)

Глубина, см	Почва пятна			Тундровая глеевая перегнойная почва под растительностью		
	n	M ± tm	m	n	M ± tm	m
5	138	8,87+0,69	0,35	138	5,11+0,45	0,23
10	104	8,60+0,84	0,42	86	4,87+0,52	0,26
15	92	7,41+0,78	0,39	76	3,86+0,44	0,22
20	126	6,31+0,53	0,27	75	3,95+0,40	0,20
25	51	6,95+0,86	0,43	37	3,86+0,53	0,26
30	67	5,26+0,58	0,29	56	2,79+0,32	0,16
35	19	3,85+0,76	0,36	19	2,60+0,44	0,21

ся теплоизолирующее влияние растительного покрова (особенно тундрового войлока) и более высокая влажность почвы под растительностью. Большие колебания температуры почвы при отсутствии мохового покрова прослеживаются и по данным для стационара "Тарей".

Для выяснения степени влияния температуры воздуха на температуру почвы на разных глубинах на стационарах "Агала" и "Тарей" были рассчитаны коэффициенты корреляции между двумя этими параметрами (табл. 14, 15). Наиболее прямолинейная связь при коэффициенте корреляции 0,98 наблюдается между температурой почвы и температурой верхнего слоя почв пятен (до 5 см). Под растительностью связь с температурой воздуха на глубине 5 см несколько ниже ($r = 0,78$). Однако и в почвах пятен, и на участках с растительным покровом наблюдается общая тенденция уменьшения коэффициентов корреляции температуры воздуха и почвы с глубиной.

При удалении от поверхности усиливается влияние на температурный режим сезонного слоя почвы постоянно-мерзлой толщи. В почвах пятен уменьшение коэффициента корреляции с глубиной прослеживается более четко, чем на почвах с органическими горизонтами. Большие величины коэффициента корреляции получены для наиболее легкой по механическому составу песчаной дерновой почвы стационара "Тарей" (склон северо-восточной экспозиции). Тесная связь между температурой воздуха и почвы прослеживается на довольно большую глубину (табл. 15).

Американскими исследователями для тундр стационара "Прадхо-Бей" (Brown et al., 1975) был вычислен коэффициент корреляции между температурой поверхности почвы (y) и температурой воздуха (x). Он составил 0,90. Уравнение регрессии выглядит при этом следующим образом: $y = 0,755x + 3,60$.

Для теплового режима почв тундр стационара "Барроу" на Аляске математические модели были построены Накано и Брауном. Ими

Таблица 14

Коэффициенты корреляции и уравнения регрессии для температуры почвы (y) и воздуха (x) на стационаре "Агапа" (1968-1970 гг.)

Глубина, см	Почва пятна		Тундровая глеевая перегнойная почва ложбины	
	r	$y = ax + b$	r	$y = ax + b$
5	0,93	0,71x + 1,72	0,71	0,37x + 1,40
10	0,91	0,69x + 1,29	0,64	0,28x + 1,59
15	0,90	0,61x + 1,23	0,60	0,21x + 1,57
20	0,84	0,41x + 1,25	0,59	0,18x + 1,87
25	0,79	0,43x + 1,62	0,72	0,18x + 1,52
30	0,70	0,31x + 1,79	0,57	0,12x + 1,47
35	0,77	0,32x + 1,12	0,61	0,15x + 1,34

была установлена тесная связь теплового режима почв тундры с глубиной органогенного горизонта, содержанием в нем органического вещества, интенсивностью тепловой диффузии через органо-генные и минеральные горизонты почв (Nakano, Wagon, 1972). Наблюдаемые в полевых условиях и вычисленные величины температуры почв на разной глубине и глубины сезонного оттаивания показали хорошую сходимость результатов.

По наиболее простой схеме классификации почвенного климата, предложенной А.М. Шульгиным (1961), район стационара "Агапа" характеризуется холодным почвенным климатом (средние температуры на глубине 20 см за теплый период - от 0 до 5°). В.Н. Димо

Таблица 15

Коэффициенты корреляции и уравнения регрессии для температуры почвы (y) и воздуха (x) на стационаре "Тарей" (1972 г.)

Тип тундры	Глубина, см	r	$y = ax + b$	
Кустарничково-осоково-моховая бугорковатая тундра	5	0,79	0,30x + 2,14	
	10	0,72	0,22x + 2,14	
Разнотравно-злаковые группировки яров	склон юго-западной экспозиции	5	0,81	0,47x + 2,31
		10	0,64	0,27x + 3,47
		15	0,57	0,19x + 3,60
		20	0,50	0,15x + 3,37
		5	0,88	0,63x + 2,08
склон северо-восточной экспозиции	10	0,82	0,52x + 1,93	
	15	0,80	0,45x + 1,99	
	20	0,73	0,36x + 1,69	

и А.А. Роде (1968) разработали более детальную схему учета различных климатических показателей, позволяющих выявить зонально-провинциальные особенности изучаемого региона как почвенно-климатической провинции. Сравнение полученных нами данных по температуре почвы и температуре воздуха с данными, представленными в указанной монографии, показывает, что температура воздуха самого теплого месяца (июля) значительно выше данных по другим провинциям субарктической зоны тундр, в то время как зима, наоборот, характеризуется самыми низкими температурами, близким к таковому арктической зоны. Мы уже обращали внимание на этот факт, говоря о климате Таймыра.

В то же время температуры почвы летом свидетельствуют о чрезвычайной суровости почвенного климата по сравнению с другими провинциями. Слабый прогрев почвы при довольно высоких летних температурах воздуха объясняется, несомненно, большим запасом холода в почвах, накапливающимся за суровые, часто малоснежные зимы. Сумма активных температур в почве примерно соответствует суммам, приводимым для Северо-Сибирской провинции, и значительно ниже величин для других провинций. Сумма активных температур воздуха, наоборот, выше, чем во всех других провинциях, примерно на 50-80°. Все сказанное позволяет отнести почвы Таймыра по данным для западной части полуострова к группе I промерзающих почв с мерзлотным типом температурного режима, подтипу очень холодных, умеренно континентальных почвенно-био-климатических условий (Димо, Роде, 1968).

При общем фоне чрезвычайно низких температур в тундрах Таймыра термические условия в различных типах почв все-таки существенно неодинаковы. В табл. 16. приведены некоторые средние величины температуры почвы, полученные за несколько лет наблюдений в течение двух летних месяцев. Наиболее благоприятны в микроклиматическом отношении дерновые песчаные почвы яров, особенно южной экспозиции. Почвы пятен и окружающие их тундровые глеевые почвы различаются в среднем на 1-3°, что, несомненно, делает тепловой режим пятен в летние месяцы значительно более благоприятным. Болотно-тундровые и особенно болотные почвы - наиболее холодные из рассматриваемой группы типов почв. Однако в конце лета могут складываться условия, когда болотные почвы становятся несколько теплее почв пятнистой тундры за счет большей теплоемкости и малой теплопроводности их торфяных горизонтов.

Особенности теплового режима определяют в значительной мере различия в условиях существования растений, почвенных беспозвоночных, грибов и бактерий, что влияет на биологический круговорот веществ и определяет интенсивность протекания таких ЭПП, как торфообразование и подстилкообразование (образование тундрового войлока), поверхностное накопление грубого гумуса, внутривершинное гумусообразование, деструкция органического вещества. В пес-

Таблица 16

Средние температуры за июль-август в различных типах почв Западного Таймыра (I - стационар "Тарей", II - стационар "Агапа")

Почвы	5 см		10 см		15 см		20 см	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Тундровые глеевые	4,6	5,1	3,9	4,9	-	3,9	-	3,9
Почвы пятен	5,2	8,9	4,3	8,6	3,3	7,4	2,3	6,3
Тундровые дерновые песчаные	7,0	-	5,6	5,1	-	5,1	-	4,5
Болотно-тундровые торфянисто-глеевые	2,5	-	1,1	-	0,9	-	-	-

чаных почвах в благоприятных местообитаниях создаются условия для дернового процесса.

К сожалению, мы не имели возможности проводить микроклиматические наблюдения круглогодично. Однако можно предполагать, что в течение 9-10 месяцев, когда почвы находятся в замерзшем состоянии, наиболее низкие температуры наблюдаются в почвах пятен, далее - в тундровых глеевых, болотно-тундровых и болотных почвах. Поэтому интенсивность ЭПП, связанных с воздействием длительного промораживания почвы и низких температур, в этом ряду почв будет различной. Это прежде всего процессы криогенного массо-влагообмена (восходящие миграции солей и карбонатов, пучение, криотурбации), криогенной деформации (трещинообразование, вымораживание щебня), криогенного оструктурирования, криодробления и т.д.

РЕЖИМ ОТТАИВАНИЯ ПОЧВ

С тепловым режимом почв тесно связаны процессы их сезонного оттаивания и последующего промерзания. Уровень сезонного оттаивания является важной характеристикой почв, формирующихся в зоне распространения вечной мерзлоты. Глубина проникновения положительных температур в летний период ограничивается уровнем оттаивания. Перераспределение влаги в системе сопряженных геохимических ландшафтов и процессы горизонтальной и вертикальной миграции водно-растворимых веществ также зависят от уровня оттаивания.

На Таймыре динамика оттаивания мерзлоты впервые изучалась Б.А. Тихомировым (1957). В бассейне Пясины наблюдения за динамикой оттаивания наиболее детально проводились в двух точках: на стационарах "Агапа" и "Тарей" (Матвеева, 1971; Богатырев, 1969, 1974б). Кроме того, проводились замеры уровня оттаивания во время маршрутных исследований. На восточном Таймыре сезонное оттаивание почв исследовалось на стационаре "Ары-Мас" (Ловелиус, 1978).

Наиболее глубокое сезонное оттаивание многолетней мерзлоты (100 см) характерно для песчаных отложений прирусловых валов пойм и террас. Примерно такое же оттаивание наблюдается в песчаных норовищах, приуроченных к хорошо дренированным бровкам склонов и сложенным легкими по механическому составу отложениями. Суглинистые почвы пятнистых кустарниково- и кустарничково-осоково-моховых тундр водоразделов и террас в районе устья Агапы оттаивают на 70-80 см, в районе Тарей - на 50-60 см. К верховью Пясины в подзоне лесотундры глубина оттаивания несколько увеличивается, в низовьях, наоборот, не превышает 40-50 см. Деятельный слой в бугорковатых и кочкарных тундрах, как правило, на 10-20 см меньше, чем в пятнистых тундрах. Еще менее оттаивают заболоченные тундры и тундровые болота (30-40 см), что связано с теплоизолирующей ролью мохового покрова и торфянистого горизонта. В урочище Ары-Мас под листовничным редколесьем почвы оттаивают в среднем на 30-40 см, в пятнистых тундрах - на 65 см (Ловелиус, 1978).

Наблюдения за динамикой оттаивания в пос. Агапа проводились на трех участках по профилю через долину (см. рис. 24). Измерения глубин оттаивания проводились в 50-кратной повторности. Полученные данные приведены в табл. 17. Первый участок расположен на водораздельном плато и представлен пятнистой тундрой трещинно-нанопolygonального типа (разр. 251). Пятна слабовыпуклые (1-3 м в поперечнике), лишены растительности. Сильная снеговая и ветровая коррозия обуславливает слабое развитие по ложбинам дриадово-осоково-моховой растительности. Здесь формируются хорошо дренированные тундровые гумусные глееватые почвы.

Второй участок расположен на склоне юго-западной экспозиции и занят пятнистой бугорковатой тундрой (разр. 253). Пятна занимают вершины бугорков, которые разделяются сетью глубоких ложбин с ледяными клиньями. Растительность кустарниково-осоково-моховая, почвы более тяжелого механического состава, с ярко выраженными признаками оглеения, что позволяет отнести их к собственно тундровым глеевым.

Третий участок находится на второй надпойменной террасе р. Пясины (пятнистая polygonально-валиковая тундра, разр. 258). Пятна округлые, слегка пониженные (0,5-2 м в диаметре) и окружены возвышающимся бордюром с моховой растительностью. Пространство между пятнами занято узкими ложбинами или выровненными участками с кустарниково-осоково-моховой растительностью. Почвы данного участка тундровые глеевые перегнойные среднесуглинистые.

Оттаивание начинается после схода снегового покрова и при наличии положительных температур воздуха, хотя Б.Н. Городков (1932а) указывает, что почва может нагреваться еще под снегом. В первую очередь начинают оттаивать пятна. Оттаивание заросших участков отстает на 10-15 дней. В зависимости от погодных условий сроки начала оттаивания могут колебаться в пределах меся-

Таблица 17

Динамика глубины оттаивания на различных элементах микро

Дата	Пятна			
	$M \pm tm$	σ	m	$V, \%$
Участок 1				
15.VI 1969 г.	19,40±0,70	2,46	0,35	12,65
15.VII 1969 г.	61,30±0,70	2,53	0,36	4,13
15.VIII 1969 г.	77,40±0,80	2,97	0,42	3,84
10.VII 1970 г.	35,10±0,27	1,00	0,14	2,90
20.VII 1970 г.	59,80±3,50	12,90	1,82	21,60
Участок 2				
15.VI 1969 г.	16,00±0,90	3,20	0,45	19,80
15.VII 1969 г.	50,80±0,80	2,80	0,40	5,50
15.VIII 1969 г.	62,98±0,70	2,50	0,35	3,90
10.VII 1970 г.	35,70±0,85	3,10	0,44	8,70
20.VII 1970 г.	52,20±0,80	2,70	0,40	5,14
20.VIII 1970 г.	64,30±0,80	2,80	0,40	4,35
Участок 3				
20.VII 1968 г.	46,00±1,20	4,30	0,60	9,30
30.VIII 1968 г.	75,00±1,80	6,20	0,90	8,25
5.VI 1969 г.	8,60±0,45	1,80	0,25	20,50
30.VI 1969 г.	32,60±1,00	3,85	0,50	11,80
16.VII 1969 г.	65,50±1,20	4,20	0,60	6,40
1.VIII 1969 г.	75,80±1,50	5,30	0,75	7,00
30.VIII 1969 г.	77,70±0,70	2,50	0,40	3,20
1.VII 1970 г.	3,40±0,50	1,80	0,25	52,60
10.VII 1970 г.	44,90±1,30	4,70	0,70	10,60
20.VII 1970 г.	57,60±3,40	12,20	1,70	21,20
1.VIII 1970 г.	73,40±1,50	5,40	0,80	7,30
10.VIII 1970 г.	75,00±1,20	4,20	0,60	5,60
20.VIII 1970 г.	77,00±1,50	5,35	0,80	6,95

Примечание. M - средняя арифметическая глубина оттаивания в см; σ - среднее квадратичное отклонение; m - ошибка сред-

па. Так, в вегетационный период 1969 г. оттаивание пятен началось первого июня, в 1970 г. - первого июля. Различия во времени наступления положительных температур не влияют на максимальную глубину оттаивания. Летние температурные условия также практически не влияют на максимальную глубину оттаивания (табл. 18).

рельефа в пятнистых тундрах (Богатырев, 1974б)

Пятна	Участки под растительностью					
	$P, \%$	$M \pm tm$	σ	m	$V, \%$	$P, \%$
Участок 1						
1,80	Почва мерзлая					
0,60	37,40±3,30	11,90	1,70	31,80	4,50	
0,54	59,54±2,50	9,10	1,30	15,30	2,20	
0,40	15,50±1,33	4,80	0,68	31,12	4,40	
3,00	46,72±2,40	8,54	1,20	18,30	2,60	
Участок 2						
2,80	-	-	-	-	-	
0,80	26,10±1,74	6,30	0,90	24,10	3,40	
0,60	38,60±1,40	4,70	0,70	12,14	1,80	
1,20	-	-	-	-	-	
0,80	28,00±2,75	9,99	1,40	35,70	1,50	
0,60	47,00±1,65	6,00	0,84	12,75	1,80	
Участок 3						
1,30	26,00±2,20	8,10	1,10	31,80	4,40	
1,20	62,00±0,66	2,40	0,30	3,80	0,55	
2,90	-	-	-	-	-	
1,65	-	-	-	-	-	
0,90	33,80±0,70	2,40	0,30	7,00	1,00	
1,00	57,60±2,70	6,00	0,85	10,45	1,50	
0,50	58,10±0,80	2,60	0,40	4,50	0,60	
7,30	-	-	-	-	-	
1,50	23,50±1,70	6,50	0,90	24,50	3,90	
2,98	34,50±2,60	9,30	1,30	26,90	3,80	
1,00	52,90±2,00	7,40	1,00	14,00	2,00	
0,80	55,12±1,90	6,80	0,96	12,30	1,74	
0,99	58,40±2,25	8,10	1,15	13,90	2,00	

ней арифметической; $V, \%$ - коэффициент вариации; $P, \%$ - точность опыта.

Очевидно, значительную роль в интенсивности сезонного оттаивания почвы играют такие факторы, как уровень снегового покрова и зимние температуры. Так, сочетание малоснежной зимы 1969 г. и теплое лето обусловили те же глубины оттаивания, что и снежная зима 1970 г. при относительно прохладном лете (по сравнению с 1969 г.). Это коррелирует с данными Е.Б.Поспеловой (1972а),

Таблица 18

Сумма положительных температур в 1969–1970 гг.

Сумма положительных температур	Пятно		Под растительностью	
	1969 г.	1970 г.	1969 г.	1970 г.
Воздуха	674	432	674	432
Поверхности почвы	758	454	765	440
Почвы на глубине				
5 см	601	378	299	274
10 см	567	274	237	182

показавшими, что после снежной зимы 1970 г. масса побегов и листьев кустарников была выше по сравнению с 1969 г. По-видимому, зимние условия накладывают отпечаток на уровень оттаивания из-за различных запасов холода, накапливающихся в почве за этот период. Поэтому летние температуры не могут значительно повлиять на изменение средней величины глубины оттаивания. Практически оттаивание продолжается до конца августа.

Скорость оттаивания почв пятен и ложбин различна и изменяется в течение летнего периода. Наибольшая скорость оттаивания (в пятнах 4 см/сут и для ложбин – 2 см/сут) относится к первой декаде июля (для 1970 г.). Температура воздуха за этот период составила в среднем +6°. Во второй и третьей декадах июля температура воздуха была выше, в среднем +12,5°. Скорости оттаивания за этот срок значительно уменьшились и составили соответственно во второй и третьей декадах июля: для пятен – 1,3 см/сут, для ложбин – 1,1 и 1,8 см/сут. В августе скорость оттаивания для пятен и ложбин не превышала 0,2 см/сут. Очевидно, что скорости оттаивания не находятся в прямой зависимости от температуры воздуха. Наличие мерзлотного экрана оказывает воздействие на скорость оттаивания и на проникновение положительных температур уже в начальных стадиях таяния.

Подводя итоги всему сказанному о динамике оттаивания почв различных типов тундр можно сделать следующее общее заключение. На начальных стадиях почвообразования в поймах тундровых рек, сложенных аллювием легкого механического состава и покрытых разреженной растительностью (злаково-разнотравные луговины), уровень оттаивания мерзлоты однороден. В дальнейшем, при развитии полигональных болот на высокой пойме с осоково-моховым растительным покровом и мерзлотным нанорельефом, уровень оттаивания в системе полигон-бровка-канавка начинает значительно варьировать, образуя различные по степени оттаивания микрокомплексы

почв. На террасах и водоразделах с пятнистыми и бугорковатыми тундрами контрасты в сезонном оттаивании отдельных элементов наноконтекста из-за неравномерности распределения органического горизонта и растительного покрова становятся еще более существенными. Эта контрастность в свою очередь оказывает заметное влияние на сезонную динамику почвообразовательного процесса.

В начале лета, когда оттаивают лишь органические горизонты, сброс галых вод происходит лишь по многочисленным канавкам и ложбинам между пятнами и бугорками. В целом вынос минеральных элементов из ландшафтов пятнистых тундр в это время незначительный, так как чащеобразный характер уровня мерзлоты (сравнительно большое оттаивание в пятнах, лишенных растительности, и незначительное в ложбинах между ними) препятствует выносу элементов из минеральной толщи. Наиболее благоприятные условия для внутрпочвенного бокового стока по мерзлотному водоупору наступают при сближении уровней оттаивания пятен и ложбин в конце лета и при значительном уменьшении степени варьирования этих величин по элементам микрорельефа.

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И АЗОТА

Кроме основной функции в почвообразовании – создание органического вещества, растительность тундры играет существенную роль в формировании почв и через влияние на их тепловой, водный, воздушный режимы, на накопление элементов минерального питания (Ковда, 1973). Биогеоценологический процесс биологического круговорота веществ оказывает существенное воздействие и на специфически почвенные процессы, всецело определяя такие ЭПП, как подстилкообразование, торфонакопление, биогенный синтез глинистых минералов, гумусообразование, гумусонакопление, и косвенно влияя на интенсивность проявления других процессов (оглеение, выщелачивание и т.д.).

Первичная биологическая продуктивность тундр Таймыра, характер биологического круговорота зольных элементов, азота и микроэлементов освещены в большом числе публикаций (Богатырев, 1973, 1974а, 1975, 1976а,б,в; Васильевская и др., 1973; Евдокимова и др., 1974; Игнатенко и др., 1973; Ковда и др., 1971, 1974; Павлова, 1969; Павлова, Жаркова, 1970; Поспелова, Жаркова, 1972; Поспелова, 1972а,б, 1973, 1974; Ходачек, 1969; Шамурин и др., 1975; Гришина и др., 1976; Nøgin, Ignatenko, 1975).

В разных типах растительности (тундровый, болотный и луговой) структура растительной массы имеет свои особенности (Поспелова, 1974, табл. 19). Общий запас фитомассы возрастает от тундровых сообществ к болотным. Этот факт вполне согласуется с приуроченностью определенных типов и подтипов почв к этим типам растительности. В наиболее общем виде можно сказать, что пятни-

Таблица 19

Показатели продуктивности различных типов растительности г/м². Стационар "Агала" (Поспелова, 1974, с уточнениями автора)

Структура растительной массы	Тип растительности		
	Тундры	Болота	Луга
Общий запас органического вещества растений в надземной и подземной сферах	2000-4500	6500-7000	4000
Подземная биомасса	1700-3000	4000-5000	3000
живая	570-1000	1140-1400	900
мертвая	1130-2000	2860-3600	2100
Надземная биомасса (живая)	140-450	600-900	130
кустарники	30-70	200-250	35
кустарнички	40-90	120-130	-
осоки-пушицы	20-90	70-120	-
злаки	2-4	3	50
разнотравье	1-2	1-4	48
мхи	50-200	200-400	-
лишайники	10-50	-	-
Соотношение надземной и подземной живой биомассы	1:3	1:2	1:7

стым кустарничково-осоково-моховым тундрам соответствуют тундровые глеевые типичные и гумусные почвы: кустарничково(кустарничково)-осоково-моховым бугорковатым тундрам - тундровые глеевые перегнойные, болотам - болотно-тундровые и болотные торфянисто- и торфяно-глеевые почвы.

К особенностям структуры фитомассы следует отнести преобладание подземной части над надземной, а также большую роль мхов в надземном покрове (30-70%) при незначительном участии разнотравья, злаков и лишайников. Осоки чаще всего принимают равновеликое с кустарничками участие в формировании надземной биомассы. Несколько меньшая роль принадлежит злакам и разнотравью, в целом их биомасса не превышает 1-6 г/м². В лиственных редколесьях урочища Ары-Мас в структуре фитомассы заметную роль играет древесная растительность (до 70 ц/га).

Определение запасов фитомассы в тундровых сообществах других районов Таймыра (Ходачек, 1969; Игнатенко и др., 1973; Norin, Ignatenko, 1975; Павлова, 1969) подтверждает закономерности,

выявленные на основании данных по тундрам среднего течения р.Пясины. Так, четко выявляется преобладание подземной массы растений над надземной. В тундрах Ары-Маса это 1:2 (лиственный редколесье), 1:3 (лиственный редина), 1:5 (пятнистая тундра); в северных вариантах тундр в районе Усть-Тарей соотношение живых и отмерших частей растений в надземной и подземной сферах расширяется даже до 1:12. Наоборот, в лесотундре (данные Е.Б.Павловой для ст.Тундра) отношение более узкое - 1:2, 1:4.

Большой интерес с точки зрения роли растений в почвообразовании и в функционировании тундровых биогеоценозов представляет вертикальное распределение растительной массы в тундровых сообществах различного типа. Подробно вертикальная структура растительной массы в тундрах Западного Таймыра рассмотрена в упоминавшейся уже работе Е.Б.Поспеловой (1974). Специфичным для тундры образованием является горизонт тундрового войлока (Тихомиров, 1966), который включает в себя отмершие части мхов и сосудистых растений, не отделившиеся от живой части и пронизанные побегами, корнями и корневищами высших растений. В рассматриваемых нами ландшафтах наибольшая мощность тундрового войлока свойственна болотным биогеоценозам (около 20 см), в тундровых она не превышает 10 см. В луговых биогеоценозах горизонт тундрового войлока отсутствует.

Более детальное исследование распределения корневой массы по горизонтам различных почв показало, что масса корней резко убывает с глубиной. Подавляющая часть корней сосредоточена в тундровом войлоке, в верхних органогенных горизонтах почв (3-6 кг/см²) или в верхних горизонтах почв пятен, лишенных растительности (0,8-1,0 кг/м). В глеевых горизонтах всех типов тундр с различными почвами количество корней в слое 10 см не превышает 0,1-0,2 кг/м².

Органогенные горизонты по количеству корней существенно различаются. Так, наименьшими величинами характеризуются гумусовые горизонты тундровых глееватых гумусовых почв, приуроченных к наиболее суровым местообитаниям в пределах типичных тундр. Почвы пятен в этих тундрах густо пронизаны корнями вследствие благоприятного летнего теплового режима. Вынос опада из тундр водораздельных холмов ветром и водой делает корни фактически единственным или во всяком случае преобладающим источником органического вещества почвы.

Большие методические трудности связаны с разделением подземной части фитомассы на живую и отмершую. Определение доли живых побегов и корней позволяет получить реальное соотношение надземной и подземной части фитомассы, что необходимо для расчета параметров биологического круговорота: его емкости, скорости, интенсивности. По количеству мертвой подземной фитомассы можно судить о запасах энергии в почвах и о реальных источниках питания растений.

В связи с тем, что визуально, за исключением крупных побегов

Таблица 20

Динамика биомассы растений в тундровых фитоценозах, г/м²

Тип тундры	Годичный прирост			Годичный надземная
	Надземная	подземная	сумма	
Дриадово-моховая (водораздел)	23,1	99,2	122,3	18,1
Кустарниково-пушицево-осоково-моховая заболоченная (II терраса)	172,9	263,2	436,1	145,1
Кустарниково-осоково-моховая (край II террасы)	72,8	169,8	242,6	62,8
Кустарничково-кустарниково-осоково-моховая (I терраса)	112,0	271,6	383,6	95,4

и корней, отделить мертвые корни от живых не представляется возможным, нами был предложен расчетный метод, основанный на данных по общей массе корней и подземных побегов, доле ежегодного опада, количестве лет, необходимых для полного разложения корней (Васильевская, Богатырев, 1977). Расчеты показали, что в большинстве случаев отмершие корни в тундровых сообществах преобладают над живыми (1:2, 1:2,5). При использовании прямых методов разделения (радиоавтографический, с применением различных жидкостей) были получены следующие отношения: для тундровых сообществ о-ва Девон - 1:1, 1:3,7 (Муц, 1972), для тундр Аляски 1:2,5, 1:1,5 (Billings et al., 1973).

Разделение подземной части фитомассы на живую и отмершую позволило нам подчеркнуть специфику распределения органического вещества по структурным частям фитомассы. Отчетливо проявляется роль почв как аккумуляторов органического вещества, энергии и, как мы увидим в дальнейшем, элементов-биофилов. Преимущественное накопление фитомассы в горизонте тундрового войлока и поверхностных горизонтах почв оказывает существенное воздействие на термический и воздушный режимы, замедляя протаивание почвы летом и препятствуя проникновению очень низких температур в почву зимой. Сосредоточение жизни в узкой пленке ведет к почти полному использованию кислорода в процессе газообмена между атмосферой и почвой. Наряду с переувлажнением, плохим дренажем, наличием мерзлоты этот фактор также способствует развитию в почвах восстановительных процессов.

(Богатырев, 1976а)

опад		Истинный прирост		
подземная	сумма	надземная	подземная	сумма
77,7	95,8	5,0	21,5	26,5
220,7	365,8	27,8	42,5	70,3
146,1	208,9	10,0	23,7	33,7
214,2	309,6	16,6	57,4	74,0

Преобладание мхов в фитомассе в значительной мере определяет оторфованность, грубогумусность органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов почв. Лишенные мохового покрова, тундровые луга и луговины с дерновыми почвами имеют гумусовый горизонт с наибольшей степенью разложениости органического вещества и специфичностью гумуса.

С общими запасами надземной и подземной частей фитомассы, интенсивностью ее прироста и разложения теснейшим образом связана морфология различных типов и подтипов тундровых глеевых, болотно-тундровых и болотных почв, в частности такой важный диагностический признак, как мощность органогенного и гумусово-аккумулятивного горизонта. Суммарная мощность органогенных горизонтов в тундровых гумусных глееватых и типичных почвах составляет 4-5 см, в тундровых глеевых перегнойных и торфянистых - 10-13, в болотно-тундровых - 12, в болотных - 24 см. В этом же ряду растет живая надземная биомасса растений и количество опада: живая надземная биомасса 14-40-70-90 ц/га, опад 1-3-11-13 ц/га.

Наиболее полные данные по приросту и опаду в тундрах Таймыра получены Л.Г. Богатыревым (1976а) для тундр стационара "Агапа" (табл. 20). Прирост надземной биомассы составляет в среднем 17-18% от ее величины, что соответствует 20-70 г/м² на участках плакорной тундры. Истинный прирост в тундрах не превышает 5-10 г/м². Изучение динамики прироста гипоарктических кустарников, доминирующих на отдельных участках речных долин, пока-

зало, что сезонный ход прироста зеленой массы обнаруживает четкую зависимость от температурных условий вегетационного периода; наибольшая интенсивность прироста соответствует наиболее теплomu времени года.

Разложение растительного опада является одним из звеньев круговорота веществ в биогеоценозах. Этот процесс в тундрах до недавнего времени был изучен крайне слабо. В рамках Международной биологической программы были организованы работы по изучению разложения растительного опада и целлюлозы на различных тундровых стационарах земного шара. На Таймыре эти исследования активно проводились О.М. Паринкиной (1978); на стационаре "Агала" нами также были организованы сравнительно кратковременные (один год) эксперименты по разложению растительного опада экскрементов животных и стандартной целлюлозы (Vassilievskaya et al., 1975).

На первой стадии разложения ветошь и опад разрушаются как микроскопическими сапрофитными грибами, так и беспозвоночными: коллемболами, клешами, олигохетами и др. Л.С. Козловская (1974) различает три цикла разложения растительных остатков на болотах, что в равной мере может быть отнесено и к тундровым условиям: надземно-подстилочный, надземно-почвенный и подстильно-почвенный. В последней, подстильно-почвенной стадии, как в других стадиях, в разложении наряду с почвенными беспозвоночными существенную роль играют грибы, актиномицеты и бактерии.

Следует отметить, что начальные стадии разложения растительного опада протекают под воздействием и абиотических факторов: вынос легкорастворимых углеводов, аминокислот и других подвижных водно-растворимых соединений. В связи с этим большую роль играет влажность верхних горизонтов почвы. Исследования О.М. Паринкиной и наши наблюдения подтвердили это положение: наименьшее разложение опада наблюдалось в наиболее увлажненных местобитаниях, часто с наименьшим размером бактериальной продукции. До 40% потери веса опада часто определяется выщелачиванием (Witkamp, 1966; Rosswall, 1973; и др.). По данным О.М. Паринкиной и по полученным нами результатам, опад кустарничков, кустарников, злаков и некоторых других видов цветковых растений в первый год разложения теряет в весе от 20 до 40%. Потери в весе экскрементов лемминга и оленя за год соответственно составили 25 и 10%.

Морфологически опад растений после первого года разложения изменяется очень мало. За второй год степень разложения опада возрастает также очень незначительно (Паринкина, 1978). В целом если сравнивать размер поступления опада и степень его разложения, то можно отметить, что в зависимости от характера растительности от 46 до 93% опада остаются неразложившимися.

При изучении процессов минерализации растительных остатков важное значение имеет характер и скорость разложения лигноцеллюлозных соединений. Заложение стандартной целлюлозы (Vortega-

ard A/S) в нейлоновых мешочках в различных типах тундр стационара "Агала" по элементам микрорельефа и последующее определение потери веса за год показало, что в среднем на поверхности эта величина составляет 2,7% с колебаниями от 0 до 7,7%. Под растительным покровом на глубине 5 см потери в весе увеличиваются до 7,5% (колебания от 3,3 до 13%).

Наиболее интенсивное разложение целлюлозы отмечено на второй террасе, что согласуется с более высокой численностью здесь беспозвоночных, микроскопических грибов, повышенными условиями увлажнения. Небольшая скорость разложения наблюдаются в тундрах водораздела и прируслового вала. Во всех типах тундр разложение интенсивнее идет на участках, заросших растительностью, при сильном увлажнении и хорошем контакте с подстилкой. Это явление было отмечено и О.М. Паринкиной (1968) для тундр других районов Таймыра.

Потери в весе стандартной целлюлозы в тундрах стационара "Тарая" за год составили 3-18% (Степанова, 1976), причем максимальная степень разложения была отмечена в верхней корке пятна. На валиках в пятнистых тундрах и в бугорковой тундре скорость разложения за год не превышала 3%. В лабораторных условиях разложение целлюлозы одним из видов грибов - активных целлюлозоразрушителей шло в три раза быстрее, чем в естественных условиях, причем стандартная целлюлоза разрушалась энергичнее, чем листья осоки.

Низкие скорости разложения растительных остатков в тундрах Таймыра определяют заторможенность и застойность биологического круговорота. Подстильно-опадные коэффициенты - отношение веса подстилки к весу опада (Родин, Базилевич, 1965) - в кустарниково-пушициево-осоково-моховых тундрах надпойменных террас с тундровыми глеевыми перегнойными почвами достигают 10 или даже 19 единиц. Для водораздельных дриадово-моховых тундр с тундровыми гумусными глееватыми почвами коэффициенты значительно меньше (4-5), но это свидетельствует не столько о лучших условиях разложения опада, сколько о его интенсивном выносе в аккумулятивные ландшафты (Богатырев, 1975).

Вялость процесса разложения растительного материала способствует образованию в тундрах Таймыра грубогумусных оторфованных органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов, в которых фиксируется значительное содержание измельченных почвенных беспозвоночными слаборазложившихся частичек растительной ткани - так называемой трухи, которая чрезвычайно затрудняет определение содержания гумуса в почве. Тем не менее в тундрах Таймыра мы не наблюдаем значительного накопления торфянистой массы даже на болотах. Причин, объясняющих это явление, несколько. Это незначительный прирост и малая величина опада, а также долгое существование отмерших частей в прикрепленном к растению состоянии (ветошь). Кроме того, торфонакопление снижается из-за процессов выноса опада водой и ветром в транзитные и ак-

Таблица 21

Зольный состав и содержание азота в растениях кустарничково-
% на сухое вещество

Растения и их части*		N	P	S	K	Na
Карликовая береза (листья)	I	2,03	0,20	0,08	0,27	0,02
	II	2,42	0,01	0,01	0,34	0,01
	III	2,50	0,04	0,13	0,40	0,01
Кустарнички	I	1,00	0,12	0,01	0,36	0,01
	II	1,50	0,01	0,01	0,57	0,02
	III	0,75	0,08	0,15	1,40	0,02
Осоки	I	1,58	0,21	0,06	0,43	Сл.
	II	1,90	0,18	0,08	1,20	0,03
	III	0,32	0,20	0,14	0,63	0,04
Мхи	I	0,89	0,21	0,03	0,52	Сл.
	II	0,95	0,11	0,08	0,18	0,05
	III	0,30	0,06	0,05	0,04	0,04
Лишайники	I	0,57	0,07	0,02	0,04	Сл.
	II	2,60	0,05	0,07	0,35	0,06
	III	0,14	0,05	0,05	0,14	0,01
Корни	I	0,77	0,06	0,03	0,03	Сл.
	II	0,55	0,10	0,03	0,03	Сл.
	III	0,65	0,07	0,11	0,11	0,05

* I - Кольская тундра (Манаков, 1970); II - Большеземельская тундра (Игнатенко и др., 1973); III - тундры стационара "Агапа".

кумулятивные ландшафты и последующего накопления его в виде мощных прослоев в аллювиальных отложениях пойм рек: Первые две причины в качестве основных отмечает и О.М. Парянкина (1978).

В некоторых пятнистых тундрах на крутых хорошо прогреваемых склонах торфонакопленю (наряду с механическим выносом опада) препятствуют более благоприятные условия разложения, создающиеся за счет относительно благоприятного летнего теплового режима, высокой численности беспозвоночных и микроорганизмов.

Существенное влияние на ход почвообразовательного процесса оказывает биологический круговорот зольных элементов и азота. Данные зольного анализа основных доминант, слагающих кустарничковый ярус (*Salix glauca*, *S. pulhra*, *Betula nana* - тундры стационара "Агапа"), показывают, что сумма зольных элементов и азота в листьях составляет в среднем 3-4%, снижаясь в годичных побегах до 2-3%. В ветвях и стволах кустарников она не превышает

кустарничково-моховых тундр различных провинций тундровой зоны,

Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Si	Сумма элементов без N
0,51	0,10	0,02	0,02	0,20	0,04	1,46
0,63	0,38	0,01	0,01	0,07	0,02	1,49
0,70	0,55	0,04	0,01	0,06	0,10	2,04
0,55	0,08	0,03	0,01	0,09	0,05	1,44
0,66	0,25	0,01	0,01	0,25	0,03	1,60
0,45	0,22	0,03	0,01	0,04	0,08	1,65
0,22	0,13	0,05	0,01	0,05	0,88	3,03
0,17	0,10	0,02	0,01	0,04	2,17	3,20
0,30	0,16	0,01	0,01	0,03	1,00	3,08
0,41	0,19	0,08	0,04	0,03	0,11	1,77
0,25	0,13	0,14	0,06	0,06	0,13	1,48
1,10	0,30	0,16	0,11	0,02	0,30	2,63
0,10	0,02	0,11	0,03	0,01	0,05	0,49
0,37	0,09	0,02	0,04	0,05	0,10	0,87
0,20	0,06	0,06	0,02	0,01	0,07	0,93
0,15	0,10	0,07	0,05	0,01	0,02	0,64
0,36	0,20	0,40	0,31	0,10	1,00	2,53
0,97	0,34	0,47	0,54	0,05	0,56	3,27

1-2%. Значительное содержание основных органогенов отмечается в листьях кустарников (Богатырев, 1976в).

Общим для химического состава осок, злаков и разнотравья является повышенное содержание прежде всего калия (1-2%) и кремния (0,4-1%). В разнотравье отмечается увеличение содержания кальция до 1%. К отличительным особенностям химического состава мхов следует отнести высокое содержание в них кальция (до 1%) и магния (0,2-0,6%). При общей сумме зольных элементов и азота во мхах 2,0-3,9% на азот приходится от 0,3 до 0,5%. Зольность лишайников невелика, чаще всего не превышает 1,0%.

Сравнение зольного состава опада и подстилки (тундрового войлока) показало, что последняя отличается более интенсивным накоплением железа, алюминия, кремния и отчасти марганца. В подземной фитомассе по сравнению с надземной наблюдается уменьшение содержания калия и фосфора при увеличении количества азота,

алюминия и железа, очевидно, за счет полуразложившихся растительных остатков и вследствие наличия на корнях пленок гидроокси железа. При общей сумме зольных элементов и азота, равной 4–5%, на азот приходится не более 0,6–0,9%. В целом зольность уменьшается от элювиального ландшафта к аккумулятивному.

Для выяснения особенностей зольного состава растений Таймыра по сравнению с другими провинциями тундровой зоны были сопоставлены данные по ведущим группам видов тундровых растений для трех провинций (табл. 21). Отдавая себе отчет в том, что различия в химическом составе могут быть обусловлены и видовыми различиями, а не только факторами внешней среды, можно прежде всего отметить более высокую зольность растений Таймыра. Особенно это относится к преобладающим в опаде растениям – мхам, кустарникам и, главное, к корневому опаду. При этом содержание азота в растениях Таймыра, как правило, ниже, чем в других провинциях. В содержании ряда химических элементов проявляется стабильность как по группам видов растений, так и по провинциям: железо, алюминий, сера, натрий. Для железа проявляется также четкая тенденция к накоплению в корнях растений.

Более высоким содержанием фосфора выделяются растения Кольского полуострова, в чем, несомненно, сказывается богатство этих районов апатитами. Особенно следует отметить высокий уровень содержания в растениях Таймыра кальция, магния, отчасти калия. Это относится как к надземным, так и к подземным частям растений.

Высокий уровень зольности мхов определяется господством в тундрах Таймыра трех-четырёх относительно евтрофных видов: *Tomenthypnum nitens*, *Aulacomnium turgidum*, *Hylacomium splendens* var. *alaskanum*, *Ptilidium ciliare*. Перечисленные виды не имеют столь четкой эдификаторной роли ни в западном секторе Советской Арктики (Хибины, Большеземельская тундра), ни в Восточном (Яно-Индигирские, Чукотские тундры). Эти же виды мхов на карбонатных отложениях о-ва Девоп также характеризуются высокой зольностью, порядка 2,5–5,0% (Pakarinen, Vitt, 1974).

В формировании зольного состава растений четко проявляется тесная взаимосвязь и взаимозависимость почвообразующих пород, почв и растительного покрова. Относительно более высокая зольность растений Таймыра, особенно в его западной части, высокий уровень содержания кальция и магния, несомненно, являются следствием обогащенности этими элементами почвообразующих пород и почв. В свою очередь следствием обогащенности растительного опада щелочами и щелочноземельными элементами является высокая степень насыщенности почв основаниями, высокая буферность почв в кислом интервале и соответственно слабокислая реакция почв.

В табл. 22 приведены основные показатели биологического круговорота, характерного для наиболее типичных тундр равнинной части Таймыра. Структура фитомассы накладывает отпечаток на тип круговорота, но в целом общим для всех типов тундр является преимущественное потребление азота, кальция и калия. Биологический

Таблица 22

Основные показатели биологического круговорота в некоторых типах тундр Западного Таймыра*

Тип тундры, почва	Тип круговорота	Емкость	Интенсивность	Скорость	Доля истинного прироста, %
Дриадово-моховая; тундровая глееватая гумусовая	Азотно-кальциевый	340	60	0,13	3,6
Кустарниково-осоково-моховая; тундровая глеевая перегнойная	Кальциево-кальциевый	450	90	0,17	2,6
Кустарниково-пушицево-осоково-моховая; болотно-тундровая торфянисто-перегнойно-глеевая	Кальциево-азотный	820	170	0,17	2,6
Кустарничково-кустарниково-осоково-моховая; болотно-тундровая, торфянисто-перегнойно-глеевая	Кальциево-азотный	1060	190	0,14	3,1

* Емкость – запас химических элементов в фитомассе; интенсивность – запас химических элементов в ежегодном приросте фитомассы; скорость – отношение количества химических элементов в опаде к общему запасу элементов в фитомассе.

круговорот может быть охарактеризован как сильно заторможенный, застойный, с низкой скоростью разложения растительных остатков.

ДИНАМИКА ВЛАЖНОСТИ

Процессы изменения химического состава жидкой фазы почв тундры изучены крайне недостаточно. Однако для понимания их генезиса, выявления особенностей почвообразования в пределах различ-

Таблица 23

Динамика весовой (числитель) и объемной (знаменатель) влаж

№ разреза	Элемент мерзлотно-го микро-рельефа	Глубина, см	25. VIII 1968 г. (до замерзания)	27. V 1969 г. (до начала снеготаяния)	8. VI 1969 г.
251	Пятно	0-20	$\frac{25,4}{23,6}$	-	$\frac{36,4}{x}$
		20-40	$\frac{26,2}{19,1}$	-	$\frac{30,4}{x}$
	Ложбина	0-10	-	-	$\frac{149,3}{-}$
		20-40	-	-	$\frac{30,6}{x}$
253	Пятно на бугорке	0-20	$\frac{26,4}{40,6}$	-	$\frac{31,3}{x}$
		20-40	$\frac{32,2}{51,5}$	-	$\frac{39,2}{x}$
	Ложбина между бугорками	0-10	-	-	$\frac{350,9}{-}$
		20-40	$\frac{24,3}{38,9}$	-	$\frac{36,7}{x}$
259	Пятно	0-20	$\frac{24,3}{44,5}$	$\frac{42,0^*}{x}$	$\frac{24,1}{44,1}$
		20-40	$\frac{22,6}{43,4}$	$\frac{26,4}{x}$	$\frac{28,7}{x}$
	Ложбина	0-10	$\frac{84,1}{57,2}$	$\frac{90,5}{x}$	$\frac{145,6}{x}$
		20-40	$\frac{20,7}{36,8}$	$\frac{27,0}{x}$	$\frac{32,5}{x}$

* x - горизонт мерзлый.

ности, %. Стационар "Агала"

	25. VI 1969 г.	14. VII 1969 г.	25. VII 1969 г.	10. VIII 1969 г.	25. VIII 1969 г.	Порозность, %
-	-	$\frac{16,6}{15,4}$	-	$\frac{18,4}{17,1}$	-	63
-	-	$\frac{18,4}{20,4}$	-	$\frac{18,8}{20,9}$	-	56
-	-	$\frac{58,4}{-}$	-	$\frac{33,9}{-}$	-	-
-	-	$\frac{27,1}{30,1}$	-	$\frac{25,3}{28,1}$	-	58
-	-	$\frac{27,6}{42,5}$	-	$\frac{28,6}{44,0}$	-	39
-	-	$\frac{32,1}{41,4}$	-	$\frac{31,9}{41,0}$	-	37
-	-	$\frac{105,6}{-}$	-	$\frac{39,4}{-}$	-	-
-	-	$\frac{43,2}{-}$	-	$\frac{34,3}{54,8}$	-	36
-	$\frac{22,8}{41,7}$	$\frac{19,5}{35,7}$	$\frac{17,6}{32,2}$	$\frac{18,8}{34,4}$	$\frac{19,3}{5,3}$	28
-	$\frac{16,9}{32,4}$	$\frac{21,9}{42,2}$	$\frac{17,0}{36,2}$	$\frac{18,6}{35,7}$	$\frac{18,6}{35,7}$	25
-	$\frac{95,0}{64,6}$	$\frac{84,1}{57,2}$	$\frac{79,6}{54,4}$	$\frac{100,8}{68,7}$	$\frac{94,0}{63,9}$	72
-	$\frac{20,2}{36,0}$	$\frac{23,3}{41,5}$	$\frac{24,1}{42,9}$	$\frac{20,8}{37,0}$	$\frac{23,9}{31,3}$	31

других динамических свойств почв. Влажность почвы была определена весовым методом в течение нескольких сезонов вегетации (1968-1975 гг.) на стационарах "Агала" и "Тарей" (табл. 23,24)

Сезоннодинамические исследования за режимом влажности показали, что в течение сезона вегетации четких закономерностей изменения величины влажности в тундровых почвах не наблюдается,

ных таксономических групп почв получение такого рода данных чрезвычайно важно. Целесообразно в данном случае проследить и роль почвы в общей системе миграции химических элементов в ландшафтах тундры.

Влажность почв в значительной степени определяет концентрацию почвенных растворов, интенсивность процессов оглеения и ряд

Таблица 24

Средние величины весовой влажности в почвах стационара "Тарей" в течение вегетационного периода, %

№ разреза	Элемент мерзлотного микрорельефа, почва	Горизонт	Глубина, см	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.
721	Ложбина	AO/A1	0-10	108	165	-	278
	между пятнами; бордюр	A1	10-17	57	65	-	76
	лотно-тундровая торфянисто-пегнойно-глеевая	G	17-39	41	24	-	-
722	Бордюр вокруг пятен; тундровая глеевая типичная	AO/A1 Bg G	0-4 4-32 32-50	84 22 27	64 41 23	91 34 -	90 39 -
	Почва пятна	Bg G	0-19 19-52	23 24	26 25	- -	29 -
	Ложбина; тундровая глеевая пегнойная	AO/A1 G1 G2	0-6 6-23 23-44	306 70 23	188 88 25	- -	266 74 -
723	Бугорок; тундровая глеевая пегнойная	AO/A1 G1 G2	0-7 7-23 23-44	129 72 29	116 56 25	118 -	147 71 -
	Бровка; бордюр	O2 O/AO	0-5 5-15	206 142	180 148	180 162	240 182
	лотно-тундровая торфянисто-глеевая	G	15-27	51	46	-	-
723	Полигон; бордюр	O1 O2	0-3 3-24	481 238	520 277	745 293	846 433
	лотная торфянисто-глеевая	G	24-33	57	76	-	-

что связано с их практически полной водонасыщенностью в течение всего лета. Наиболее динамична влажность органогенных горизонтов, она может меняться в два-три раза (Васильевская, Солодикина, 1974; Васильевская, Колшашикова, 1978). Наибольшей влажностью характеризуются торфяные горизонты почв полигонально-валиковых болот (от 120 до 800%). Глеевые горизонты болотных почв характеризуются влажностью порядка 40-80%. Наименее важны (из суглинистых и глинистых почв) глеевые горизонты почв в пятнистых и бугорковатых тундрах (20-30%).

При зимнем промерзании почв влажность поверхностных минеральных горизонтов увеличивается (табл. 23, пятно разр. 258). По визуальной оценке около 30% объема почвы составляют ледяные прослойки (Иванов, Богатырев, 1970). Явление миграции воды в тонкодисперсных породах к фронту промерзания детально изучено мерзлотоведами, поставлены многочисленные лабораторные опыты, вскрывающие механизм этого процесса. Главными причинами передвижения воды в парообразном или жидком состоянии считаются градиенты температуры и влажности, капиллярные силы, разность упругости паров и т.д. (Достовалов, Кудрявцев, 1967). Миграция воды в связи с промерзанием почвы приводит к формированию многочисленных ледяных прослоек, т.е. образуется специфическая криогенная структура или текстура, которая нами наиболее отчетливо наблюдалась в верхних мерзлых горизонтах почв пятен.

После оттаивания почв пятен происходит резкое уменьшение их влажности в результате вытаявания прослоек льда и стока влаги. При этом значительно увеличивается влажность мерзлых органогенных горизонтов окружающих пятно ложбин. В данном случае опять наблюдается подтягивание влаги к холодному экрану, которым служат по отношению к оттаявшей почве пятна еще мерзлые горизонты почв под растительностью.

Пятна оттаивают на 15-20 дней раньше. Аналогичные закономерности были получены и в лесотундре Западной Сибири на стационаре "Харп" (Дедков, 1971, 1974).

Боковому передвижению влаги в системе пятно-почвы под растительностью и в других типах почвенно-мерзлотных комплексов способствует лучшая фильтрационная способность в горизонтальном направлении, обусловленная посткриогенной текстурой мерзлотных почв.

По местам вытаявших ледяных шлиров возникают ослабленные зоны и трещины; микроагрегаты вдоль пор и трещин, относительно обезвоженные и уплотненные в процессе льдовыделения, сохраняются как структурные отдельные и после вытаявания льда (Достовалов, Кудрявцев, 1967). Преобладание горизонтальной фильтрации над вертикальной в мерзлотных почвах Якутии наблюдалось А.К. Коровским (1975).

В целом по типам тундр (особенно в органогенных горизонтах) отмечается закономерное увеличение влажности от элювиальных ландшафтов, занятых пятнистыми тундрами, к аккумулятивным, которым соответствуют полигонально-валиковые болота. В пределах комплексов: трещина-бордюр, ложбина-бугор, полигон-бровка - заметно перераспределение влаги с меньшим ее содержанием в почвах наноповышений и большим - в почвах нанопонижений, главным образом в органогенных горизонтах; в минеральных горизонтах эти различия выражены слабее. По годам наблюдений влажность изменяется сравнительно мало (см. табл. 23, 24).

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ

Для выяснения интенсивности процессов оглеения в течение вегетационных периодов 1968–1970 гг. было проведено определение подвижных форм железа и величины окислительно-восстановительного потенциала в почвах пятнистых тундр (стационар "Агапа"). Легкоподвижные формы железа извлекали при пятиминутном взбалтывании свежееотобранной почвы с 0,1 н. H_2SO_4 (1:10); закисные формы железа определяли с помощью $\alpha\alpha$ -дипиридила при последующем колориметрировании в цилиндрах Генера, окисные формы – титрованием трилоном Б в присутствии сульфосалициловой кислоты, ОВП измеряли потенциометром ППМ-031 М, применяя платиновый и комбинированный хлорсеребряный электроды. Все определения проводились в пятикратной повторности (для органогенных горизонтов – в десятикратной).

Методические исследования, проведенные В.С. Дедковым (1974) на стационаре "Харп", показали, что при непосредственном определении ОВП в поле могут получиться чрезвычайно переменные результаты в различных горизонтах почв и в почвах различных местобитаний за счет различий в температуре этих горизонтов (особенно между мерзлыми и оттаявшими горизонтами). Так, при повышении температуры образцов от -2° до $+20^{\circ}$ показания потенциометра возрастают на 120–150 мв. При этом наиболее резкое изменение потенциала наблюдается в интервале от -2° до 0° , который геокриологи считают областью интенсивных фазовых переходов воды. В связи с этим автором предложен метод определения ОВП в

Таблица 25

Динамика содержания подвижных форм железа, мг/100 г и ОВП,

№ разреза	Элемент мерзлотного микро-рельефа	Горизонт	Глубина, см	8. VI	
				FeO	Fe ₂ O ₃
251	Пятно	AB	0–20	19,3	51,5
		Bg	20–40	17,5	56,5
	Ложбина	AO/AB	0–10	41,0	58,8
253	Пятно на бугорке	Bg	20–40	22,8	27,6
		Bg	0–20	32,9	122,9
	Ложбина между бугорками	G2	20–40	96,4	23,4
		AO/A1	0–10	13,6	52,6
258	Пятно	G3	20–40	37,8	59,6
		B _{1g}	0–20	19,4	31,9
	Ложбина	B _{2g}	20–40	17,5	49,3
		AO/A1	0–10	20,9	63,8
		Bg	20–40	19,4	42,4

почвенных монолитах, принесенных с поля и доведенных до постоянной температуры (18°). Этот метод дает небольшие расхождения в абсолютных величинах с полевыми определениями, но при этом характер профильных кривых одинаков. В наших исследованиях также применялся метод определения ОВП в свежих монолитах, принесенных в лабораторию в полиэтиленовых пакетах (Иванов, Богатырев, 1970).

Летом содержание закисных форм железа наиболее низко в почвах водораздельных пятнистых нанополлигональных тундр (в среднем менее 10 мг на 100 г сухой почвы, разр. 251), несколько выше их содержание в почвах пятнистых полигонально-валиковых тундр, характеризующихся разр. 258 (15–25 мг на 100 г почвы); наиболее богаты закисным железом глеевые горизонты почв пятнистых бугорковатых тундр (80–130 мг на 100 г почвы разр. 253). С содержанием закисных форм железа вполне коррелирует величина ОВП: в среднем соответственно 500–600, 400–500 и 280–450 мв (табл. 25). В целом не обнаруживается четких различий содержания окисных форм подвижного железа при сравнении почв исследованных разрезов; оно несколько выше в наиболее оглеенных разностях, а по абсолютным величинам превышает содержание закисных форм в полтора-три раза.

При изучении динамики содержания закисных форм железа в почвах разных разрезов обнаруживаются некоторые различия. Так, в хорошо дренированных почвах водораздельных пятнистых тундр (разр. 251) и поверхностных окисленных горизонтах пятен бугор-

мв. 1969 г.

8. VI	14. VII			10. VIII		
	ОВП	FeO	Fe ₂ O ₃	ОВП	FeO	Fe ₂ O ₃
536	2,1	46,1	504	11,4	55,4	521
524	2,8	51,9	516	9,7	58,3	513
565	7,8	23,3	546	37,7	27,9	568
625	3,9	29,3	584	41,0	24,9	579
516	10,4	97,8	546	24,3	80,6	480
282	104,1	0,8	288	83,9	62,9	262
580	60,3	76,9	263	52,9	77,3	466
568	136,0	88,4	333	72,4	64,7	422
482	16,6	31,6	518	28,4	47,3	572
571	19,5	32,5	486	34,0	41,7	566
577	23,7	42,8	472	59,8	86,1	574
578	11,9	30,9	564	42,3	56,7	574

коватых тундр (разр. 253) заметно (в 3–8 раз) снизилось содержание FeO после оттаивания, что, видимо, объясняется хорошей аэрацией почвы (сухое лето 1969 г.). В глеевых горизонтах почв бугорковатых тундр, напротив, содержание закисного железа летом увеличивается. К концу сезона вообще прослеживается тенденция к некоторому увеличению содержания закисного железа, по-видимому, обусловленная усилением восстановительных микробиологических процессов по мере повышения температуры почвы и опускания уровня мерзлоты.

При изучении динамики содержания подвижных окисных форм железа и ОВП в большинстве случаев не выявляется определенных закономерностей. Окисное железо в глеевом горизонте бугорковых тундр иногда практически отсутствует, видимо, из-за полного перехода мобильных соединений элемента в закисные формы. Математическая обработка данных позволила установить, что между содержанием двухвалентного и трехвалентного железа, переходящего в сернокислую вытяжку, связь незначима ($r = 0,19$). Незначима корреляция и между трехвалентным железом и ОВП ($r = -0,10$). Однако, как и следовало ожидать, значимая отрицательная связь наблюдается между ОВП и количеством двухвалентного железа ($r = -0,69$).

Проведенные режимные наблюдения показали, что морфологическое проявление оглеения, свойственное всем исследованным тундровым почвам, находит достаточно четкое количественное выражение в мобилизации подвижного железа и величине окислительно-восстановительного потенциала. Наиболее интенсивно оглеенная морфологически тундровая глеевая перегнойная почва ложбины бугорковатой тундры (разр. 253) характеризуется как наиболее значительными величинами суммарного содержания подвижных форм железа (сумма FeO + Fe₂O₃, 100–200 мг на 100 г), так и двухвалентного (до 130 мг на 100 г). При этом отмечаются наиболее низкие для данной почвенно-геохимической обстановки величины ОВП (260–420 мв). Тундровые гумусовые глееватые почвы (разр. 251), и особенно глееватые почвы пятен, содержат не более 70–90 мг на 100 г подвижных форм железа (сумма FeO + Fe₂O₃), двухвалентного – 20–30 мг (в середине лета до 2–8 мг) при ОВП 520–570 мв. В системе почвенно-мерзлотных комплексов для почв пятен, как правило, характерна меньшая интенсивность оглеения (в количественном выражении через величины подвижных форм железа и ОВП).

Аналогичные сезоннодинамические исследования, выполненные на стационаре "Харп" (окрестности Салехарда), также позволили расположить исследованные почвы в некоторую последовательность (от наиболее оглеенных к наименее оглеенным), подкрепленную количественными показателями степени оглеения: торфяно-болотные, торфяно-поверхностно-глеевые, глеево-подзолистые, иллювиально-железисто-гумусовые, остаточные-глеевые почвы пятен (Фирсова, Дедков, 1974). В этом ряду почвы пятен также занимают положение наименее оглеенных.

Таким образом, такой ЭПП, как оглеение, – один из характернейших для тундровых глеевых почв и почв пятен – при расширении сети режимных наблюдений в различных провинциях и подзонах тундры может получить достаточно четкую количественную характеристику. Сравнительную оценку почв по выраженности глеевого процесса целесообразнее проводить в середине вегетационного периода (вторая половина июля – первые числа августа). В конце периода при максимальной мощности сезонноталого слоя и наиболее высоких температурах почвы интенсивность окислительно-восстановительных процессов, связанных с деятельностью микроорганизмов, увеличивается и происходит некоторое "выравнивание" показателей, характеризующих интенсивность оглеения в разных почвах.

За зимний период, когда почва находится в мерзлом состоянии, идет также дополнительное образование подвижных форм железа за счет активизации окислительно-восстановительных процессов в почвах при отрицательных температурах (Тютюнов, 1960, 1961; Колтева, Ноздрунова, 1966; и др.). Поэтому непосредственно после оттаивания почвы мы, как правило, констатируем наиболее высокие показатели в содержании подвижных форм железа и наименьшие различия между почвами разных типов и подтипов. В конкретном случае для почв стационара "Агапа" колебания в содержании двухвалентного железа сразу после оттаивания составляли от 14 до 96 мг на 100 г (по разным почвам и горизонтам), в середине июля диапазон расширился до 2–136 мг на 100 г, т.е. появилась возможность более четко разделить почвы по степени проявления глеевого процесса.

ДИНАМИКА КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ, СОДЕРЖАНИЯ РАСТВОРИМЫХ ФОСФАТОВ, ОБМЕННОГО КАЛИЯ И АММИАЧНОГО АЗОТА

Кислотность почв Таймыра – величина, мало изменяющаяся во времени. О ней можно судить по данным табл. 26. К концу августа идет некоторое подкисление почв, что связано, очевидно, с усилением степени разложения органических остатков. Однако в целом слабая интенсивность разложения органического вещества, сравнительно высокое содержание кальция и магния в почвенном растворе (сумма 2–4 мг-экв/л) и в поглощающем комплексе (30–50 мг-экв на 100 г) способствуют тому, что pH почвы не снижается ниже 5,7 (водная вытяжка). Почвы полигонально-валиковых болот характеризуются более кислой реакцией, нежели тундровые глеевые почвы (Васильевская, Колмашикова, 1978).

Почвы отрицательных элементов нанорельефа (ложбины, полигоны), как правило, имеют более кислую реакцию верхних горизонтов по сравнению с аналогичными горизонтами почв положительных элементов наноконтекста (бровка, бугор, бордюр). В болотных почвах кислотность в нижней части профиля возрастает, в тундрах, наоборот, к низу идет подщелачивание. Более щелочной реакцией характе-

Таблица 26

Динамика кислотности почв стационара "Тарей" (рН водной вытяжки)

№ раз-реза	Элемент мерзлотного микро-рельефа, почва	Горизонт	Глубина, см	1972 г.				
				20. VII	1. VIII	10. VIII	20. VIII	
721	Ложбина, болотно-тундровая торфянисто-перегнойно-глеевая	A0/O3	0-10	6,3	6,5	6,2	5,6	
		A1	10-17	5,7	6,2	5,8	5,8	
	Бордюр вокруг пятна, тундровая глеевая типичная	G1	17-35	-	6,4	6,4	5,8	
		A0	0-4	6,5	6,2	5,7	6,5	
	Пятно	Bg	4-32	6,1	6,2	5,8	6,4	
		C1	32-50	5,6	6,0	5,9	6,6	
	722	Ложбина, тундровая глеевая пере-гнойная	Bg	0-9	6,5	6,4	7,0	6,2
			G1	9-19	-	-	5,5	6,3
		Бугорок, тундровая глеевая пе-регнойная	G2	19-52	6,7	6,6	6,3	6,7
			A0	0-6	6,0	6,2	6,0	5,8
ПолYGON		G1	6-23	6,6	6,1	6,2	6,6	
		G2	23-44	6,6	6,4	5,8	6,4	
723		Бровка, болотно-тундровая торфянисто-глеевая	A0	0-7	-	6,6	6,5	-
			G1	7-23	5,9	6,6	6,4	6,4
		ПолYGON	G2	23-44	6,3	6,2	6,1	6,5
			O1	0-5	-	6,1	6,0	5,7
	ПолYGON	O2	5-15	6,9	6,4	-	5,8	
		G1	15-27	5,8	6,3	5,8	5,8	
723	ПолYGON	O1	0-3	5,6	5,7	5,7	5,6	
		O2	3-24	-	5,8	6,0	6,2	
	ПолYGON	G	24-33	5,6	5,4	5,8	6,1	

1972 г.	1973 г.					Среднее	
	10. IX	20. VII	30. VIII	10. VIII	20. VIII	10. IX	1972 г.
6,3	6,4	6,6	6,4	6,4	6,6	6,1	6,4
-	6,2	6,1	6,2	6,3	6,4	5,9	6,2
-	-	-	7,0	7,0	7,2	6,1	7,0
6,4	6,4	6,4	6,6	6,8	6,9	6,2	7,1
6,6	6,6	6,4	6,5	6,4	6,5	6,1	6,8
-	-	6,8	7,0	6,8	7,2	6,0	7,0
7,5	7,1	7,1	7,2	7,6	7,8	6,5	7,1
6,7	6,8	7,0	7,0	7,0	6,8	6,2	6,8
6,9	-	7,2	7,2	7,2	6,8	6,6	7,0
5,9	6,2	6,5	6,2	6,0	5,9	6,0	6,1
-	6,1	6,0	6,0	6,2	6,2	6,4	6,3
-	-	7,0	7,1	7,1	7,2	6,3	7,1
6,9	6,2	6,0	6,3	6,5	6,4	6,6	6,3
6,5	6,5	5,8	6,2	6,3	6,5	6,4	6,3
-	-	7,0	7,2	6,9	7,1	6,3	7,0
6,0	6,0	5,8	5,7	6,0	5,5	5,9	6,8
5,4	5,1	-	5,4	5,8	5,5	6,0	5,4
-	-	-	-	5,7	5,4	5,9	5,5
-	-	5,1	4,8	4,8	5,1	5,7	4,8
-	4,8	4,9	4,8	5,2	5,0	6,0	4,9
-	-	-	4,8	4,8	4,9	5,7	4,8

Таблица 27

Динамика легкорастворимых фосфатов (P₂O₅, мг/100 г)

№ раз-реза	Элемент мерзлотного микро-рельефа	Горизонт	Глубина, см	1972 г.			
				20. VII	1. VIII	10. VIII	20. VIII
721	Ложбина	A0/O3	0-10	1,1	1,6	1,0	-
		A1	10-17	0,9	0,7	0,6	0,7
		G1	17-39	-	0,5	-	0,6
	Бордюр	A0	0-4	1,3	1,4	1,1	1,2
		Bg	4-32	1,1	1,0	0,7	1,0
		G1	32-50	1,0	0,9	0,5	0,5
Пятно	Bg	0-9	1,0	1,3	0,6	1,0	
	G1	9-19	-	-	0,6	1,2	
	G2	19-52	1,2	1,2	0,5	1,1	
		-	-	-	-	-	
722	Ложбина	A0	0-6	0,9	0,4	0,8	-
		G1	6-23	1,0	1,1	1,0	1,1
		G2	23-44	1,2	0,9	1,4	1,0
	Бугорок	A0	0-7	0,9	0,6	1,2	-
		G1	7-23	1,0	1,4	1,0	0,7
		G2	23-44	1,2	1,5	1,4	1,2
723	Бровка	O1	0-5	-	-	-	-
		O2	5-15	0,6	0,3	Сл.	-
		G1	15-27	1,0	0,6	1,0	0,4
	ПолYGON	O1	0-3	-	-	-	-
		O2	3-24	0,4	0,4	0,4	0,3
		G	24-33	0,7	-	0,3	0,3

1973 г.	1973 г.					Среднее		
	10. VI	10. VII	20. VII	30. VII	10. VIII	20. VIII	10. IX	1972 г.
6,7	4,7	6,7	7,0	3,4	4,2	3,0	1,2	5,3
-	-	-	3,2	3,0	3,3	3,0	0,7	3,1
-	-	-	-	5,9	5,7	7,1	0,5	6,2
5,9	4,7	5,3	4,4	4,7	6,6	4,7	1,2	5,3
5,7	4,3	3,4	4,7	4,4	4,5	2,6	1,0	4,2
-	-	-	-	5,5	6,3	4,1	0,7	5,5
4,8	4,4	3,4	4,5	4,2	6,2	3,2	1,0	4,3
4,1	6,2	4,6	4,0	4,5	5,9	2,0	0,9	4,5
-	-	-	5,9	3,0	5,2	4,1	1,0	5,8
6,0	-	5,2	3,9	4,0	3,2	2,3	0,7	4,4
-	-	4,2	3,3	6,9	5,1	3,1	1,1	4,5
-	-	-	7,1	8,0	6,7	6,0	1,1	6,9
7,9	4,7	5,7	4,4	4,1	5,5	5,5	0,9	5,4
5,1	-	5,6	3,5	4,1	4,1	10,4	1,1	5,5
-	-	-	7,2	12,0	5,3	16,9	1,3	10,3
-	1,4	1,6	2,4	3,0	2,0	0,4	-	2,0
-	-	2,4	-	3,9	2,4	1,6	0,4	2,6
-	-	-	-	-	3,0	3,2	0,7	3,1
-	-	1,4	2,2	1,6	2,2	2,1	-	1,9
-	-	3,5	2,9	3,0	3,3	2,6	0,4	3,1
-	-	-	-	3,5	3,3	3,0	2,4	3,4

ризуется также верхний горизонт пятна в замерзшем состоянии, что связано с миграцией солей к верхнему фронту замерзания.

Средние величины кислотности за 1972–1973 гг. несколько различаются (табл. 26). Более высокие температуры воздуха и почвы летом 1973 г. обусловили более интенсивную минерализацию растительных остатков. В полигональном болоте это привело к подкислению почвы, так как преобладающие в растительном покрове мхи дают кислые продукты разложения. В тундровых ассоциациях средний зольный состав растений имеет более щелочную реакцию по сравнению с болотами, к тому же буферные свойства тундровых почв лучше выражены; в связи с этим большая интенсивность разложения растительных остатков в 1973 г. не вызвала подкисления тундровых почв в отличие от болот.

Наблюдения Джерспера (Gersper, 1972) на мысе Барроу (Аляска, США), проведенные в 1970–1971 гг., также показали, что в разные годы в одни и те же сроки измерений величина pH может быть разной, но в среднем за сезон кислотность остается относительно постоянной. Этот автор отмечает, что при влажном холодном лете величина pH была довольно стабильной по срокам наблюдений, а в случае резких температурных колебаний и колебаний влажности кислотность почв изменяется более заметно. Это связано со скоростью разложения растительных остатков, скоростью оттаивания мерзлых горизонтов почвы и др.

Определение подвижного фосфора (в вытяжке 0,2 н. HCl) показало, что как тундровые, так и болотные почвы Западного Таймыра чрезвычайно бедны легкорастворимыми фосфатами (табл. 27). По грациям, принятым для дерново-подзолистых почв, изученные почвы могут быть отнесены к группе с очень низкой обеспеченностью фосфором (для культурных растений). Однако растения тундры достаточно интенсивно используют запасы фосфора в почвах, и содержание его в растениях не ниже, чем в аналогичных группах видов из лесной зоны.

В течение вегетационного периода содержание подвижных фосфатов в почвах более или менее постоянно. Особенно это можно отметить для холодного лета 1972 г. Этот вегетационный период характеризуется однообразным и крайне низким содержанием легкорастворимых фосфатов в почве. Их количество в почвах в 1972 г. было в несколько раз меньше, чем в более теплом 1973 г.

Определение подвижного фосфора, калия, кальция, магния и аммиачного азота на станции "Барроу" (Gersper, 1972) тоже показало, что общее их содержание зависит от температуры, количества осадков и биологической активности почвы. В более теплое и влажное лето 1971 г. содержание водно-растворимых питательных элементов (за исключением аммиачного азота) было выше, чем в более холодном 1970 г. После выпадения дождей содержание водно-растворимых оснований увеличивалось, что связывается автором с более интенсивным вымыванием элементов из разлагающегося тундрового войлока и из органогенного горизонта. На стационаре "Та-

рея" наименее бедны фосфором почвы полигонально-валикового болота.

Болотные почвы оказались также наименее обеспеченными подвижным калием (табл. 28). Тундровые глеевые перегнойные почвы пятнистой и бугорковатой тундр по грациям для дерново-подзолистых почв могут быть отнесены к среднеобеспеченным. Количество калия, переходящего в 1 н. вытяжку уксуснокислого аммония, мало изменяется в течение вегетационного периода; из органогенных горизонтов извлекается больше этого элемента, нежели из минеральных. Исключение составляет почва пятна, где отмечается значительное содержание подвижного калия. Наибольшие величины подвижного калия наблюдаются в почвах непосредственно после оттаивания, затем, по мере потребления элемента растениями, его содержание несколько уменьшается.

В содержании подвижного калия в почвах в различные сезоны отмечается та же закономерность, что и для подвижного фосфора: в теплое лето 1973 г. его количество в почвах было больше, чем в холодном 1972 г. В этом отношении показательны данные по содержанию калия в почве пятна: термический режим пятен в течение вегетационного периода более благоприятен для разложения, нежели режим окружающих почв под растительным покровом, и в меньшей степени зависит от погодных условий, поэтому и содержание калия в нем остается постоянным.

Динамика аммиачного азота была изучена нами в различных почвах стационара "Тарей" в течение вегетационных периодов 1972–1975 гг. Аммиачный азот определяли в 2%-ной вытяжке KCl с реактивом Несслера (Аринюшкина, 1970). В эту вытяжку переходит аммоний, находящийся в обменном состоянии, и аммоний растворимых в воде аммонийных солей, причем последняя форма аммония составляет незначительную часть.

Отбор проб почвы в двух типах тундр (пятнистой и бугорковатой) и в полигонально-валиковом болоте производился через 10 дней (в 1975 г. через 5 дней) в течение вегетационного периода (июль–август) по всем элементам соответствующих комплексов почв. Подробные данные о динамике за 1972–1973 гг. уже опубликованы (Васильевская, Колпашикова, 1978), поэтому в данной работе мы приводим результаты за 1975 г. (табл. 29).

Количество аммиачного азота в почве очень динамично, особенно в органогенных горизонтах. Наибольшими количествами аммиачной формы азота характеризуются болотные почвы, далее идут тундровые глеевые почвы бугорковатой и затем пятнистой тундр. Это может быть обусловлено несколькими причинами: более высоким содержанием органического вещества в болотных почвах, затрудненностью в них процессов нитрификации вследствие более высокой влажности и более кислой реакции, более низкой общей численностью микроорганизмов. Большее содержание аммиачного азота в болотных почвах отмечено также и для стационара в "Приудо-бей" (на Аляске) (Bilgin, Douglas, 1972). Авторы отмечают также воз-

Таблица 28

Динамика подвижного калия (K_2O , мг/100 г)

№ раз-реза	Элемент мерз-лотного мик-рорельефа	Гори-зонт	Глубина, см	1972 г.			
				20. VII	1. VIII	10. VIII	20. VIII
721	Ложбина	AO/O3	0-10	4,3	-	9,4	-
		A1	10-17	3,0	4,8	2,7	3,2
		G	17-39	-	3,9	-	6,7
	Бордюр	AO	0-4	14,4	13,7	8,4	10,2
		Bg	4-32	6,8	7,3	7,6	4,6
		G1	32-50	7,1	10,2	4,1	7,6
	Пятно	Bg	0-9	-	-	9,2	11,5
		G1	9-19	12,2	14,0	8,3	9,8
		G2	19-52	11,8	11,6	7,8	12,5
722	Ложбина	AO	0-6	4,8	6,7	13,1	-
		G1	6-23	4,6	2,5	3,5	2,6
		G2	23-44	3,9	3,7	3,9	5,3
	Бугорок	AO	0-7	-	5,2	6,8	-
		G1	7-23	3,3	4,1	4,1	8,0
		G2	23-44	4,2	4,5	5,0	5,3
723	Бровка	O1	0-5	-	-	-	-
		O2	5-15	7,4	2,8	-	1,2
		G1	15-27	2,4	0,9	0,7	-
	Полигон	O1	0-3	-	-	-	-
		O2	3-24	2,4	2,9	1,4	1,2
		G1	24-33	1,6	2,5	0,7	-

Таблица 29

Динамика аммиачного азота в почвах стационара "Тарей"

№ раз-реза	Элемент мерз-лотного микро-рельефа	Гори-зонт	Глубина, см	Среднее		
				1972 г.	1973 г.	1975 г.
721	Ложбина	AO/O3	0-10	2,7	5,6	7,8
		A1	10-17	2,1	2,9	2,9
		G1	17-39	2,1	2,3	-
	Бордюр	AO	0-4	2,6	5,9	4,3
		Bg	4-32	1,6	2,3	2,4
		G1	32-50	1,7	1,9	-
Пятно	Bg	0-9	2,3	3,0	2,5	
	G2	19-52	1,6	2,6	-	
	G1	19-52	1,6	2,6	-	
722	Ложбина	AO	0-6	6,7	6,1	7,2
		G1	6-23	2,1	3,7	4,9
		G2	23-44	1,7	2,3	-
	Бугорок	AO	0-7	6,3	4,5	4,9
		G1	7-23	1,6	2,9	2,9
		G2	23-44	1,6	2,1	-
723	Полигон	O1	0-3	13,9	15,3	21,1
		O2	3-24	28,4	10,6	15,3
	Бровка	G1	24-33	44,1	11,3	-
		O1	0-5	5,1	6,3	8,2
		O2	5-15	4,9	4,0	7,4
		G2	15-27	7,9	5,9	-

1973 г.							Среднее	
10. VI	10. VII	20. VII	30. VII	10. VIII	20. VIII	10. IX	1972 г.	1973 г.
11,2	16,8	12,7	14,4	13,6	11,0	-	6,8	12,7
-	-	-	6,0	6,0	7,0	7,0	3,4	6,5
-	-	-	6,8	9,4	12,1	11,4	5,3	9,9
10,8	18,8	17,0	17,5	12,2	13,9	13,0	11,7	14,5
6,8	6,7	6,0	10,2	6,0	12,6	4,8	6,6	7,6
-	-	-	13,7	11,4	8,0	7,4	7,2	10,1
8,0	9,4	11,2	14,8	9,6	9,9	7,4	10,2	9,8
11,9	13,8	11,3	15,0	12,7	8,9	8,5	11,1	11,7
-	-	-	14,4	11,6	7,6	11,0	10,9	11,1
12,5	17,0	21,0	17,6	10,1	8,5	8,8	8,2	14,1
-	-	6,0	6,8	4,9	4,2	4,2	3,3	5,2
-	-	-	6,7	7,6	4,0	3,8	4,2	5,1
10,8	13,0	12,7	16,8	12,2	12,0	16,8	6,0	13,9
7,6	6,1	7,4	5,2	4,4	4,8	4,6	4,9	5,7
-	-	-	7,3	8,5	6,7	8,8	4,7	7,8
-	9,6	9,0	4,3	3,4	7,6	8,3	-	6,9
-	2,3	2,3	2,2	1,3	2,4	2,6	3,8	2,2
-	-	-	-	-	2,3	1,2	1,3	1,7
-	-	16,6	13,9	7,8	10,0	9,6	-	11,6
-	-	2,9	4,7	3,1	3,2	2,5	2,0	3,3
-	-	-	-	1,7	1,7	2,3	1,6	1,9

Июнь				Июль		
18	21	24	27	30	4	7
7,1	6,5	3,3	2,6	7,7	4,4	6,1
-	-	-	-	-	-	-
4,3	5,3	2,5	6,0	4,4	6,2	6,9
-	-	1,5	2,9	2,1	3,0	2,6
2,5	2,1	1,7	1,9	3,0	1,7	2,2
-	-	-	-	-	-	-
5,8	7,1	5,6	8,8	7,0	7,3	-
-	-	-	3,0	-	3,5	3,5
-	-	-	-	-	-	-
3,3	5,8	3,3	8,0	4,0	5,0	6,6
-	-	-	-	-	-	-
10,0	10,0	18,2	12,5	32,9	39,6	2,4
14,3	4,3	13,3	5,0	10,4	17,4	9,4
-	-	-	-	-	-	-
8,0	6,0	9,5	8,3	7,0	7,8	4,7
-	-	-	-	6,4	4,5	6,7
-	-	-	-	-	-	-

Таблица 29 (окончание)

№ раз-реза	Элемент мерзлотного микро-рельефа	Гори-зонт	Глубина, см	Июль		
				10	13	17
721	Ложбина	A0/O3	0-10	5,7	6,5	10,0
		A1	10-17			
		G1	17-39			
	Бордюр	A0	0-4	7,4	8,1	3,4
		Bg	4-32	2,4	2,2	2,1
		G1	32-50			
Пятно	Bg	0-9	2,4	2,2	4,4	
	G2	19-52				
722	Ложбина	A0	0-6	10,4	5,7	16,1
		G1	6-23	3,2	6,1	6,4
		G2	23-44			
	Бугорок	A0	0-7	4,7	7,6	10,7
		G1	7-23		1,7	5,3
		G2	23-44			
723	Полигон	O1	0-3	14,7	15,4	28,6
		O2	3-24	7,5	30,8	38,5
		G1	24-33			
	Бровка	O1	0-5	5,8	8,0	7,6
		O2	5-15	5,9	3,8	14,9
		G2	15-27			

растание содержания аммиачного азота по мере увеличения деятельного слоя почвы.

На стационаре "Тарей" в течение всех лет наблюдений максимальное содержание аммиачного азота также отмечалось в конце июля - начале августа. В этот самый теплый период идет более интенсивное разложение органического вещества и, несмотря на максимальное развитие в это время сосудистых растений и микроорганизмов (Паринкина, 1973), количество аммиачного азота в почве остается достаточно высоким.

Для количественной характеристики связи между содержанием в почве аммиачного азота, температуры почвы и ее влажности был проведен корреляционный анализ. При этом использовалась следующая оценка коэффициента корреляции: $r > 0,85$ - весьма тесная связь (варьирование признаков округлено на 75% и больше); $r > 0,7$ и $r \leq 0,8$ - тесная связь (при этом корреляция признаков лежит в пределах 75-50%); $r = 0,5-0,7$ - слабая связь (при этом варьирование признака менее чем на 50% связано с варьированием другого; Дмитриев, 1972).

Наши наблюдения на стационаре "Тарей" показали наличие тесной коррелятивной связи температуры почвы и содержания аммиачного азота ($r = 0,71$), эта зависимость особенно прослеживается в пятнистой тундре. В почвах бугорковой тундры и полигонально-валикового болота весьма тесная корреляция наблюдается между содержанием аммиачного азота и влажностью почвы ($r = 0,88$ и $0,87$ соответственно).

Для характеристики общего фона содержания доступных растениям форм фосфора и калия и уровня кислотности почв нами были

Июль			Август				
22	26	30	4	10	15	20	25
1,8	12,7	3,5	23,3	4,1	3,6	7,0	18,0
	2,9	3,5	3,4	2,2	2,1	2,8	3,2
1,2	4,0	4,4	3,3	1,8	1,3	2,5	3,9
2,4	3,1	2,8	2,8	1,0	1,0	2,4	3,8
2,8	0,4	13,3	0,7	2,4	1,0	1,2	1,4
4,1	2,7	5,7	8,3	3,2	4,3	8,0	11,8
1,4	14,6	2,6	3,9	2,0	2,4	5,8	10,5
4,0	6,1	2,2	2,8	3,4	3,4	3,5	3,5
1,3	6,8	2,4	2,1	1,9	1,1	1,8	4,3
96,0	13,6	12,0	21,6	14,4	16,7	15,0	6,6
33,8	25,8	15,5	15,9	10,7	5,6	8,0	9,6
4,7	5,2	19,4	5,2	2,0	7,3	12,3	19,0
19,1	3,2	12,2	5,2	3,4	5,5	5,6	-

вычислены средние данные по основным типам почв (табл. 30). В органогенных горизонтах содержание подвижных форм фосфора и калия несколько выше, чем в глеевых, они же отличаются более высокой кислотностью. Данные по обеспеченности растений фосфором и калием, по кислотности могут потребоваться при использовании почв Таймыра в теплично-парниковом хозяйстве, так как земледелие в открытом грунте на ближайшую перспективу в тундровой зоне Таймыра невозможно.

По нормам, принятым для дерново-подзолистых почв (Петербургский, 1968), нуждаемость растений в фосфорных удобрениях на почвах Таймыра сильная. Калием почвы обеспечены на среднем уровне, в известковании основная часть почв не нуждается. Азот в тундровых почвах всегда в дефиците. Следует отметить, что это только наиболее общие соображения об уровне обеспеченности растений, они могут быть существенно уточнены при постановке вегетационных опытов с учетом "северных", более высоких доз удобрений.

МИГРАЦИЯ ВЕЩЕСТВ В ТУНДРОВЫХ ПОЧВАХ

Миграция веществ в тундровых почвах и в системе геохимически сопряженных тундровых ландшафтов изучалась при помощи анализов почвенных растворов и природных вод. В формировании морфологии и химизма мерзлотных тундровых глеевых почв значительную роль играют процессы криогенного массо- и влагообмена. Количественная сторона этих явлений изучена слабо. Особенно мало данных о химическом составе жидкой фазы почв и его изменении в течение вегетационного периода.

Таблица 30

Агрохимическая характеристика почв Таймыра

Почвы	рН		P ₂ O ₅ мг/100 г почвы	K ₂ O
	водный	солевой		
Тундровые глеевые	6,3(82)*	5,8(31)	8,4(75)	13,0(71)
Почвы пятен	6,6(18)	6,3(13)	9,7(23)	9,9(15)
Дерновые (в том числе пойменные)	5,7(27)	5,3(14)	8,8(63)	8,3(63)
Болотно- тундровые и болотные	5,7(26)	4,8(15)	4,4(30)	8,6(26)

* В скобках указано число образцов.

Однако данные многих исследователей свидетельствуют о достаточно интенсивных химических процессах в многолетнемерзлых породах и почвах. В период оттаивания верхних горизонтов почвы в них также протекает сложный комплекс биохимических и химических реакций. Характер современных почвенных процессов находит отражение в составе почвенных растворов.

Образцы для отжимания почвенных растворов на территории стационара "Агапа" брали в июне-августе 1968 г., с мая по август 1969 г. и с июня по август 1970 г.; на стационаре "Тарей" - в июне, июле и августе 1971, 1972, 1973 гг. Отбор проб производился через 10 дней. Почвенные растворы отжимали в стакане Крюкова под давлением 150 атм. с помощью гидравлического пресса. Для усреднения образцы составляли из равновеликих проб, взятых по всей глубине характеризуемого горизонта с пяти однородных объектов. Анализ раствора производили в полевой лаборатории из общего объема фильтрата около 50 см³. В эти же сроки проводился отбор проб природных вод (верховодки, ручьи, реки, вода из озер).

Анализ почвенных растворов и природных вод проводился в полевых условиях на следующие компоненты: рН, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, SiO₂, Fe₂O₃. В некоторых образцах были определены ионы калия и натрия, окисляемость перманганатным методом, растворенное органическое вещество.

СОСТАВ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА

Результаты анализа почвенных растворов на стационаре "Агапа" за 1968-1969 гг. опубликованы В.В.Ивановым (1970, 1971); мы ограничиваемся данными за 1970 г. (табл. 31). Данные по стационару "Тарей" также частично опубликованы (Васильевская, Колпаши-

кова, 1978), мы приводим результаты анализа растворов за 1972 г. (табл. 32).

На стационаре "Агапа" были выбраны четыре характерных и вместе с тем довольно разнородных по микрорельефу и положению в ландшафте участка, объединяющихся в профиль от наиболее высокой водораздельной части района к долине р. Пясины (см. рис. 24). Первый из них (разр. 251) находится на платообразном водоразделе (относительное превышение над уровнем р. Пясины около 100 м) и занят пятнистой трещинно-наполюгональной тундрой. Второй участок (разр. 253) расположен на пологом (5-7°) юго-западном склоне и занят бугорковатой пятнистой тундрой. Третий участок расположен на второй надпойменной террасе р. Пясины (разр. 258). Участок по типу поверхности также можно отнести к пятнистым напололигональным образованиям. Все перечисленные почвы уже были нами описаны в соответствующих разделах.

На стационаре "Тарей" образцы для анализа почвенных растворов отбирали из почв двух типов тундр: пятнистой (разр. 721) и бугорковатой (разр. 722) - и из почв полигонально-валикового болота (разр. 723).

Прежде всего отметим те особенности химизма почвенных растворов тундровых почв, которые свойственны всем разрезам из обоих районов исследования. Прежде всего наблюдается значительно большая минерализация почвенных растворов минеральных горизонтов почвы по сравнению с органогенными (табл. 31, 32). Это объясняется слабой минерализацией органического вещества в суровых климатических условиях Севера, возрастаньем роли минеральной части почвы в формировании состава почвенных растворов и большей обводненностью органогенных горизонтов.

Расчеты запасов водно-растворимых веществ с учетом естественной влажности почв, проведенные В.В.Ивановым, показали, что различия между минеральными и органогенными горизонтами при этом значительно сглаживаются, хотя общая тенденция большего накопления растворимых продуктов почвообразования в минеральной части профиля сохраняется. Органогенные горизонты тундровых почв имеют значительно большую порозность, более легкий механический состав, большую часть лета подстилаются мерзлым глеевым горизонтом, поэтому внутрипочвенный боковой сток (горизонтальное надмерзлотное элювирование) идет в основном по этим горизонтам и приводит к их выщелоченности.

Статистическая обработка результатов анализов показала, что почвенные растворы из органогенных и минеральных горизонтов, несмотря на резкие колебания величины влажности в течение сезона вегетации, всегда достоверно различаются по концентрации и соотношению ионов (табл. 33). Это также свидетельствует о довольно существенных различиях в характере внутрипочвенных процессов, происходящих в глеевых и органогенных горизонтах.

И.Н.Скрынникова (1959) отметила тенденцию уменьшения минерализации растворов из органогенных горизонтов в почвах лесной

Таблица 31

Состав почвенных растворов в тундровой гумусной глееватой (разр. 251), гундровой (1970 г., мг/л)

№ раз-реза	Элемент мерзлотного микрорельефа	Глубина, см	Сумма ионов			рН
			10. VI	20. VII	20. VIII	
251	Пятно	0-10	174	236	231	7,1
		20-40	193	200	244	7,1
	Ложбина под растительностью	0-10	103	156	168	6,5
		20-40	111	160	214	6,7
253	Пятно на бугорке	0-10	205	227	181	6,8
		20-40	200	125	185	6,8
	Ложбина под растительностью	0-10	52	138	131	6,2
		20-40	53	143	148	5,9
258	Пятно	0-10	321	290	322	7,4
		20-40	278	254	366	6,9
	Ложбина под растительностью	0-10	199	115	152	6,4
		20-40	199	145	264	6,2

Таблица 31 (окончание)

№ раз-реза	Элемент мерзлотного микрорельефа	Глубина, см	Ca ²⁺			Mg ²⁺	
			10. VI	20. VII	20. VIII	10. VI	20. VI
251	Пятно	0-10	52	60	88	14	36
		20-40	51	52	80	23	32
	Ложбина под растительностью	0-10	27	44	60	2	22
		20-40	16	20	68	12	18
253	Пятно на бугорке	0-10	58	72	60	13	31
		20-40	48	40	56	14	19
	Ложбина под растительностью	0-10	10	40	32	5	22
		20-40	13	36	60	1	7
258	Пятно	0-10	62	56	66	30	34
		20-40	54	40	69	11	34
	Ложбина под растительностью	0-10	27	18	33	9	19
		20-40	38	27	42	12	22

зоны по направлению с юга на север. Но все-таки во всех лесных почвах концентрация растворов в органогенных горизонтах выше, чем в минеральных. В этом мы видим принципиальное различие по сравнению с тундровыми почвами Таймыра. Отсутствие материалов по составу почвенных растворов в других провинциях тундровой зоны не позволяет нам достоверно считать эту особенность минерализации почвенных растворов типичной вообще для тундрового почвообразования. Особенно интересен был бы материал, полученный при изучении почв, развитых на "бедных" породах, так как в пределах Таймырской низменности большая роль минеральной части профиля почв в формировании химизма растворов связана с богатством суглинистых отложений элементами минерального питания растений.

В пятнистых тундрах района р. Тарей, так же как и южнее, в районе р. Агапы, отмечается накопление растворимых продуктов в

глеевой типичной (разр. 253) и гундровой глеевой перегнойной (разр. 258) почвах

рН		HCO ₃ ¹⁻			Cl ¹⁻		
20. VII	20. VIII	10. VI	20. VII	20. VIII	10. VI	20. VII	20. VIII
6,8	6,6	101	122	244	38	71	11
6,9	6,6	129	132	232	51	38	27
6,2	6,0	92	93	146	21	39	23
6,3	6,0	92	87	183	28	60	27
6,6	7,0	132	102	146	59	63	27
6,4	6,4	8,3	146	171	84	20	21
6,6	6,4	29	102	122	20	20	16
6,6	7,0	29	151	195	15	18	38
7,3	7,0	264	322	342	87	27	37
6,6	7,0	244	146	115	78	49	37
6,9	6,2	147	73	171	78	36	18
7,0	6,6	185	102	288	47	36	34

Mg ²⁺	SiO ₂			Окисляемость O ₂		C _{орг}	
	20. VIII	10. VI	20. VII	20. VIII	20. VII	20. VIII	20. VII
4	20	8	6	122	127	11	79
17	3	11	4	136	120	16	99
7	5	6	5	107	146	14	20
22	8	19	6	104	136	18	20
14	9	9	6	112	169	16	39
17	12	9	5	125	140	28	99
17	5	5	5	112	133	18	39
Сл.	9	8	6	112	128	98	79
28	10	12	20	109	92	36	10
32	14	8	21	120	85	36	40
Сл.	12	5	28	120	106	11	40
20	9	9	24	104	69	10	100

верхнем горизонте почв обнаженных пятен за зимний период в результате восходящей миграции веществ к фронту зимнего промерзания. Общей закономерностью является также увеличение степени минерализации почвенных растворов к середине-концу августа. Это связано с усилением в этот период степени разложения органического вещества и одновременно с увеличением мощности деятельного слоя почвы за счет оттаивания. Более активное поступление растворимых веществ в верховодку по мере увеличения деятельного слоя отмечают также и американские исследователи Билгин и Дуглас на станции "Барроу" (Bilgin, Douglas, 1972).

Наряду с некоторыми общими тенденциями в химизме почвенных растворов наблюдаются и существенные различия в их составе, связанные в первую очередь с происхождением и составом почвообразующих пород в районе рек Тарей и Агапы. Современные почвы в

Таблица 32

Динамика состава почвенных растворов на стационаре "Тарей"

№ раз- реза	Элемент мерз- лотного микро- рельефа, почвы	Глуби- на, см	Сумма ионов		
			20. VI	20. VII	5. VIII
721	Ложбина между пятнами; болотно- тундровая торфя- нисто-перегнойно- глеевая	0-10	145	133	96
		20-30	-	182	147
	Почва пятна	0-10	227	186	157
		25-35	278	176	129
722	Бугорок; тундро- вая глеевая пе- регнойная	0-10	89	142	141
		10-30	-	171	151
	Ложбина; тундро- вая глеевая пе- регнойная	0-15	55	-	85
		15-25	-	-	113
723	Днище полигона; болотная торфя- нисто-глеевая	0-15	124	112	125
		15-30	-	184	111
	Бровка; болотно- тундровая торфя- нисто-глеевая	0-15	127	151	100
		15-25	-	110	96

долине Пясины в районе устья Агапы находятся под большим воздействием отложений бореальной трансгрессии, нежели в районе Тарей, где толща современных аллювиальных отложений достигает нескольких метров и в связи с этим влияние морских пород на формирование свойств почв более слабое.

Прежде всего это сказывается на количестве хлор-иона в почвенных растворах. Если в почвенных растворах стационара "Агапа" его содержание составляло от 30 до 100 мг/л, то в почвенных растворах стационара "Тарей" количество хлор-иона в большинстве образцов не превышает 10-50 мг/л, хотя в ряде случаев содержание его может подниматься до 100 мг/л, и более. Кроме того, максимум концентраций хлоридов в растворах наблюдается в период максимального оттаивания почвы, в то время как на стационаре "Агапа" максимум хлоридов был приурочен в большинстве случаев к замерзшим или только что оттаявшим весной образцам, где хлор накопился при криогенном подтягивании растворов из подстилающих морских отложений. Высокое содержание хлоридов в летний период в почвах района Тарей может быть связано с поступлением хлора

мг/л. Лето 1972 г.

pH			HCO ₃ ¹⁻		
В среднем за летний период			20. VI	20. VII	5. VIII
6,5	10	2	134	98	68
6,8	31	2	-	88	116
7,1	10	2	207	222	144
6,9	10	3	220	134	126
6,0	13	4	73	100	134
6,8	16	3	-	115	134
6,2	6	2	75	-	68
6,7	6	3	-	-	90
5,5	8	2	110	49	127
5,2	11	5	-	159	100
6,4	15	2	101	134	90
6,8	12	5	-	90	99

с атмосферными осадками; в дождевых водах количество хлора достигает 28 мг/л (в снеговой воде 2-3 мг/л).

Влияние почвообразующих пород сказывается и на соотношении ионов магния и кальция в растворе. В растворах из района Агапы доля магния несколько выше, чем из района Тарей, а по абсолютному содержанию там больше ионов кальция и магния. В почвах стационара "Тарей" ниже подвижность кремнезема; содержание его в течение всего периода вегетации не превышает 1-2 мг/л (на стационаре "Агапа" 5-20 мг/л).

Несомненно, что кроме влияния почвообразующих пород меньшая минерализация почвенных растворов в районе р. Тарей объясняется меньшей, чем в районе р. Агапы, интенсивностью биологического круговорота элементов, их темпом поступления из разлагающихся растительных остатков, меньшей интенсивностью внутрпочвенного выветривания минералов, так как район р. Тарей по климатическим условиям близок к арктическим тундрам, в то время как район р. Агапы приурочен к границе типичной и южной тундр. Содержание сульфат-иона в растворах почв стационара "Тарей" не превышает

Таблица 32 (окончание)

№ раз- реза	Элемент мерз- лотного микро- рельефа, почвы	Глуби- на, см	Cl ¹⁻		
			20. VI	20. VII	5. VIII
721	Ложбина между пятнами; болотно- гундровая торфя- нисто-перегнойно- глеевая Почва пятна	0-10	28	26	23
		20-30	-	40	17
722	Бугорок; тундро- вая глеевая пе- регнойная Ложбина; тундро- вая глеевая пе- регнойная	0-10	16	23	17
		10-30	-	40	17
723	Днище полигона; болотная торфя- нисто-глеевая Бровка; болотно- гундровая торфя- нисто-глеевая	0-15	6	26	11
		15-30	-	26	11
		0-15	26	23	17
		15-25	-	26	23

3-4 мг/л и мало меняется в течение вегетационного периода. Реакция почвенных растворов слабокислая или нейтральная.

При сравнении минерализации растворов в почвах различных типов тундр отчетливо видно, что в тундровых глеевых почвах пятнистых и бугорковатых тундр они значительно более минерализованы, чем в почвах полигонально-валикового болота (см. табл. 32); та-

Таблица 33

Некоторые показатели состава почвенных растворов

Почвенные растворы	Ca ²⁺		Mg ²⁺	
	σ^2	мг/л	σ^2	мг/л
Органоген- ные гори- зонты	175,41	23,26	82,98	9,83
Минераль- ные гори- зонты	253,64	39,01	200,88	19,28

Ca ²⁺			Mg ²⁺		
20. VI	20. VII	5. VIII	20. VI	20. VII	5. V
30	36	22	14	7	7
-	44	36	-	14	8
53	60	36	22	22	16
68	40	36	22	19	8
20	32	20	10	12	19
-	40	36	-	14	12
28	-	20	12	-	5
-	-	28	-	-	10
23	28	30	8	7	11
-	36	24	-	22	11
30	40	22	8	10	7
-	28	28	-	14	10

кая тенденция особенно проявляется в органогенных горизонтах. Это связано с их большей обводненностью, меньшим влиянием минеральной части почвы в торфянистых горизонтах болотных почв, иным составом растительного опада в болотных сообществах по сравнению с тундровыми. По элементам криогенного комплекса (бугорок-ложбина, бордюр-ложбина) заметна меньшая минерализа-

HCO ₃ ¹⁻		SiO ₂	
σ^2	мг/л	σ^2	мг/л
1502,76	73,56	24,89	8,17
6384,64	121,35	58,63	10,60

Таблица 34

Некоторые свойства почв дриадово-осоково-моховой пятнистой тундры (средние из наблюдений в течение вегетационного периода)

Показатель	Год	Глееватая почва пятна	
		Bg 0-19	G 19-52
Весовая влажность, %	1972	23	24
	1973	26	25
	1975	28	-
pH водный	1972	6,5	6,6
	1973	7,1	7,0
pH солевой	1972	5,3	5,4
	1973	5,9	5,6
pH почвенного раствора	1973	7,1	7,5
Минерализация почвенного раствора, мг/л	1973	180	219
HCO ₃ ¹ в почвенном растворе, мг/л	1973	136	122
Ca + Mg в почвенном растворе, мг/л	1973	46	70
Легкогидролизуемый азот, мг/100 г	1973	3,0	-
	1975	6,2	-
Аммиачный азот, мг/100 г	1972	2,3	1,6
	1973	3,0	2,6
	1975	2,5	-
P ₂ O ₅ , (0,2 н. HCl) мг/100 г	1972	1,0	1,0
	1973	4,3	5,8
K ₂ O, (1,0 н. CH ₃ COONH ₄), мг/100 г	1972	10,2	10,9
	1973	9,8	11,1

ция растворов в органогенных горизонтах понижений микрорельефа по сравнению с повышениями, что также обусловлено большей обводненностью и выщелоченностью первых.

Изучение особенностей динамики некоторых свойств почв и состава почвенных растворов позволяет нам более обоснованно подойти к генетическому определению почв различных типов тундр и болот, а также элементов наноконтекста в пределах одного типа тундры или болота. По составу и минерализации почвенных растворов, по величине pH и количеству подвижных форм азота, фосфора и калия почвы полигонально-валикового болота четко отличаются от тундровых глеевых почв бугорковой и пятнистой тундр.

В пределах комплекса полигонально-валикового болота почвы днища полигона характеризуются более высокими влажностью и кислотностью и меньшей степенью минерализации растворов. Поэтому почвы валиков в отличие от собственно болотных почв днища полигона можно рассматривать как болотно-тундровые.

станции "Тарей"

Тундровая глеевая типичная почва бордюра			Болотно-тундровая торфянисто-перегнойно-глеевая почва ложбины		
AO 0-4	Bg 4-32	G 32-40	O2 0-10	A1 10-17	G17-35
84	22	27	108	57	41
64	41	22	165	65	24
90	39	-	278	89	-
6,2	6,1	6,0	6,1	5,9	6,1
7,1	6,8	7,0	6,4	6,2	7,0
5,1	5,4	5,6	5,7	4,8	5,3
5,9	5,2	5,6	5,7	5,1	5,6
6,7	6,6	6,8	6,6	6,4	7,2
138	129	200	113	103	233
88	72	82	88	65	150
44	43	54	36	32	72
4,0	3,0	-	5,2	2,7	-
11,2	5,8	-	13,2	6,3	-
2,6	1,6	1,7	2,7	2,1	2,1
5,3	2,3	1,9	5,6	2,9	2,3
4,3	2,4	-	7,8	2,9	-
1,2	1,0	0,7	1,2	0,7	0,5
5,3	4,2	5,5	5,3	3,1	6,2
11,7	6,6	7,2	6,8	3,4	5,3
14,5	7,6	10,1	12,7	6,5	9,9

Почвы бугорков и понижений бугорковой тундры довольно близки почти по всем показателям, что подтверждает наше предположение, сделанное при полевом описании почв, что почвы и наноповышений и нанопонижений в этом типе тундр можно считать тундровыми глеевыми перегнойными. В пятнистой тундре наибольшей влажностью и кислотностью характеризуются почвы ложбин, в них же отмечается и наименьшая минерализация почвенных растворов. По свойствам органогенного горизонта мы можем отнести их к переходному типу почв между тундровыми и собственно болотными почвами, т.е. к болотно-тундровым. Почвы бордюров в пятнистой тундре близки по своим свойствам к почвам бугорковой тундры и могут быть отнесены к тундровым глеевым. Сезоннодинамические исследования, в частности изучение состава почвенных растворов, позволили нам обосновать и выделение почв пятен в пятнистых тундрах на типовом уровне.

Заканчивая краткий обзор результатов сезоннодинамических ис-

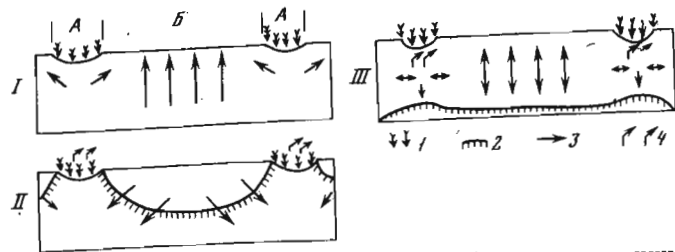


Рис. 26. Схема сезонного массо- и влагообмена в трещинно-нано-полигональном почвенно-мерзлотном комплексе тундровой гумусной глееватой почвы (А) и почвы пятна (В).

I - почва мерзлая (поздняя осень, зима), II - весеннее оттаивание, III - максимальное оттаивание (конец лета); 1 - кустарничково-моховый растительный покров, 2 - уровень оттаивания мерзлоты, 3 - направление движения влаги и водно-растворимых соединений, 4 - поверхностный сток или горизонтальное надмерзлотное элювирование

следований, остановимся на итоговых данных, характеризующих различия в свойствах почв почвенно-мерзлотного комплекса пятнистой тундры. В табл. 34 представлены средние величины из наблюдений в течение вегетационного периода (6-8 сроков с конца июня по начало сентября). Почва пятна характеризуется меньшей влажностью, более низкими значениями кислотности как вытяжек, так и почвенного раствора, его более высокой минерализацией, более высоким содержанием бикарбонат-иона. Сумма ионов кальция и магния по различным элементам почвенно-мерзлотного комплекса - величина более постоянная. Для почвы пятна характерно меньшее содержание легкогидролизуемых форм азота, несколько меньше в них и аммиачного азота. В то же время по уровню доступных форм калия и фосфора почвы пятен не уступают тундровым глеевым почвам.

Результаты сезоннодинамических исследований свидетельствуют о различном характере миграции и аккумуляции веществ в тундровых глеевых почвах и почвах пятен. Это также дает нам возможность разделять почвы пятен и тундровые глеевые почвы на типовые уровни.

Сезоннодинамические исследования позволили нам не только увидеть различия в характере процессов, происходящих в тундровых глеевых почвах и почвах пятен, но одновременно и подтвердить наличие тесной почвенно-геохимической сопряженности в миграции веществ в системе двух, а в ряде случаев трех типов почв. На рис. 26 схематически показана миграция влаги и водно-растворимых продуктов выветривания и почвообразования в почве пятна и тундровой гумусной глееватой почве трещинно-нанополлигональной тундры. В мерзлой почве с начала замерзания и в течение зимы идет миграция вещества к наиболее холодному экрану - поверхности почвы пятна. В этот процесс включается и почва под растительностью, так как

охлаждение поверхности и верхних горизонтов почвы там значительно больше.

При весеннем оттаивании уровень мерзлоты под пятном приобретает чашеобразную форму. Из оттаявшей части профиля почвы пятна влага мигрирует в замерзшие горизонты, в том числе и в замерзшую еще почву ложбины. По поверхности почвы в ложбинах в это время идет интенсивный сток. При максимальном оттаивании почв и выравнивании уровня оттаивания в системе рядом расположенных почв идут попеременные процессы миграции влаги и слей как к сухой корочке пятна (при жаркой сухой погоде), так и вниз, к фронту мерзлоты, при выпадении атмосферных осадков. По органо-аккумулятивным горизонтам почвы ложбины и выровненным участкам в это время идет горизонтальное надмерзлотное элювирование и происходит попеременная миграция веществ из пятна в тундровую глеевую почву и наоборот.

Учитывая наличие постоянного обмена между почвами, входящими в почвенно-мерзлотные комплексы, и в то же время контрастность экологических условий и формирующихся свойств почв, мы предлагаем рассматривать почвы пятен, тундровые глеевые почвы, а иногда в качестве третьего компонента и болотно-тундровые почвы как сопряженные в мерзлотно-почвенно-геохимическом цикле типы почв.

МИГРАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТУНДРОВЫХ ЛАНДШАФТАХ

На основании данных анализа почвенных растворов, вод ручьев и рек, валового анализа дренируемых пород были вычислены по А.И.Перельману (1966) коэффициенты водной миграции для некоторых рассматриваемых элементов: кремния, алюминия, железа, магния и кальция, серы и калия (табл. 35). Напомним, что к очень подвижным мигрантам относятся элементы с K_x более 10; элементы, имеющие K_x от 1 до 10, - легкоподвижные мигранты, от 1 до 0,1 - подвижные и менее 0,1 - слабоподвижные и инертные. Из перечисленных элементов к очень подвижным мигрантам относится сера (K_x 15-40). Причем интенсивность ее миграции остается более или менее постоянной на всех этапах выноса элемента из ландшафта: почвенные растворы-ручьи-реки. К подвижным мигрантам из рассматриваемой группы относятся кремний и железо. Для кремния характерно постепенное падение интенсивности миграции от почвенных растворов к водам Пясины, причем основной перепад происходит на грани почвенный раствор-верховодка (см. район устья р. Агапы), где коэффициент уменьшается в два раза - следовательно, основная масса свободной кремнекислоты не выходит за пределы почвенного профиля. К северу (район пос. Тарей) подвижность кремния падает ($K_x \leq 0,1$).

Для железа интенсивность миграции сохраняется постоянной в системе: почвенный раствор - верховодка-ручьи - и резко падает

Таблица 35
Интенсивность выноса химических элементов из тундровых

Район	Характер образования воды	Минерализация, мг/л	Si
Долина р. Косой (бассейн Енисея); лесотундра	Ручьи	150	0,4
	Река	90	0,3
Долина р. Пясины в устье р. Агапы;	Почвенные растворы	200	0,5
	Верховодка	80	0,2
Кустарниковая тундра	Ручьи	50	0,2
	Река	35	0,2
Долина р. Пясины в устье р. Тарей; кустарниковая тундра	Почвенные растворы	210	0,02
	Ручьи	30	0,1
	Река	45	0,07

при переходе к крупным водотокам. В.О.Таргульян (1963) для мерзлотно-горно-таежных ландшафтов описал два типа коры выветривания, с окислительными и восстановительными условиями, где железо вело себя как мигрант резко различно: в окислительных условиях – слабоподвижный мигрант, в восстановительных – подвижный. В восстановительных условиях тундр территории стационаров "Агапа" и "Тарей" железо – также подвижный мигрант, что обусловлено преобладанием более подвижных двухвалентных форм. В ландшафтах р. Косой железо становится малоподвижным, инертным мигрантом из-за подстилки почв карбонатными отложениями.

При выклинивании почвенных растворов и верховодки в долинах пойменных ручьев и временных водотоков и в канавках полигонально-валиковых болот происходит интенсивное выпадение гидроокисей железа и его геохимических спутников. Таким образом, поймы тундровых ручьев и рек являются существенным геохимическим барьером на пути миграции химических элементов, особенно элементов семейства железа.

Визуально это явление можно наблюдать по долинам мелких ручьев, где по берегам происходит выпадение "ржавца", геля гидроксидов железа – студнеобразной охристой массы. Рентгеноструктурный анализ "ржавца" из некоторых районов Сибирской платформы показал, что "ржавец" состоит из коллоидного железа без видимых признаков кристаллизации. В состав "ржавца" входят также многие химические элементы в виде примесей: свинец, медь, барий, никель, кобальт, хром, ванадий, титан и др. (Конторович и др., 1963).

Химизм этого процесса может быть представлен следующим образом. В почвенных растворах и верховодке железо может находиться

ландшафтов Западного Таймыра (K_x)

	Al	Fe	S	Ca	Mg	K
	0,002	0,003	-	5,2	4,1	-
	0,003	0,004	-	3,5	3,3	-
	0,005	0,4	15,0	7,9	10,0	2,5
	0,008	0,4	-	7,6	15,2	5,0
	0,01	0,4	20,0	4,5	3,9	2,0
	0,02	0,1	33,0	6,1	2,3	1,2
	0,005	1,5	30,0	11,2	5,6	2,4
	0,02	10,4	42,0	11,7	3,0	3,3
	0,02	1,4	28,0	15,6	3,0	1,1

в виде двууглекислой соли, содержание которой в растворе поддерживается недостатком кислорода и избытком CO_2 . При поступлении в магистральные потоки CO_2 улетучивается, кислород окисляет бикарбонат железа в окись, которая и выпадает в виде геля, и только некоторые остатки в виде комплексных железоорганических соединений продолжают мигрировать за пределами данного ландшафта. Такое явление наблюдается в долинах некоторых других рек. В частности, Н.М. Страхов этот процесс описал для долины Волги (Страхов, 1954).

Опыты И.С.Кауричева с сотрудниками (Кауричев и др., 1958; Кауричев, Ноздрунова, 1959, 1961) показали, что при взаимодействии оглеенных почв и растительных экстрактов образуется значительное количество связанного железа; кроме того, компоненты растворенных органических веществ почвы (низкомолекулярные органические кислоты, аминокислоты, дубильные вещества типа танинов) также дают прочные растворимые железоорганические комплексы. Воднорастворимые железоорганические комплексы такого типа, попадая в аэробные условия, окисляются и дают коллоидный осадок окисного железа, что было показано авторами в лабораторных условиях пропуском CO_2 через раствор органо-минеральных соединений железа. Такой путь образования "ржавца" также вероятен в тундровых ландшафтах, где основная масса железа мигрирует в форме органо-минеральных комплексов.

Кoeffициенты водной миграции кальция, магния и калия свидетельствуют о том, что в ландшафтах Западного Таймыра эти элементы являются легкоподвижными мигрантами, но поведение их в водах разного типа различно. Для кальция интенсивность миграции остается

ся более или менее постоянной в водах разного типа, что свидетельствует об отсутствии его сильного захвата в процессе миграции.

У магния контрастность миграции выражена более четко: при переходе от верховодки к водам ручьев и рек интенсивность миграции резко снижается. В значительной степени это является следствием вхождения магния в кристаллическую решетку вторичных минералов и накоплением в илстой фракции почв (вместе с кремнеземом и гидроокисью алюминия). В илстой фракции почв стационара "Агапа" например, содержание магния значительно более высокое, нежели кальция.

Интенсивность миграции калия также падает при переходе к крупным водотокам, но в пределах бассейна Пясины остается более или менее постоянной. Интенсивность миграции алюминия несколько возрастает при переходе от ландшафтов южных тундр к более северным, но он относится к чрезвычайно инертным мигрантам в тундре.

Подводя итог сказанному о химическом составе природных вод в бассейне Пясины и о его динамике, можно следующим образом представить этапы формирования их химизма и особенности миграции отдельных элементов. Многолетнемерзлые толщи пород являются зоной затрудненного водообмена, поэтому отличаются высоким содержанием элементов в водах, также находящихся в твердой фазе.

Во время суровой полярной зимы в зону более холодного деятельного слоя (горизонт активного водообмена) из этой толщи поступают новые порции химических элементов, так как миграция их идет в сторону более холодной зоны (Шварцев, Лукин, 1965). С наступлением весны начинается оттаивание деятельного слоя с последующим передвижением химических элементов (в том числе и накопленных зимой) в системе почвенный раствор-верховодка-ручьи-реки. При последующем более интенсивном оттаивании деятельного слоя почвы, с выравниванием уровня мерзлоты по элементам микро-рельефа, развитием микробиологических процессов и минерализацией растительного опада, минерализация вод на всех ступенях миграции увеличивается. При этом органическое вещество мигрирует в форме растворенных органических веществ и органо-минеральных комплексов, и в виде неразложившихся растительных остатков.

Подвижное железо, образующееся в значительных количествах в оглеенных почвах, мигрирует в основном в форме органо-минеральных комплексов, выпадающая в значительных количествах в виде "ржавца" по берегам мелких тундровых ручьев и давая скопления гидроокисей железа по сравнительно хорошо аэрируемым бровкам полигонов тундровых болот. Ионы хлора, сульфат-ион присутствуют в водах тундры в небольших количествах и не задерживаются ни на одном этапе миграции в ландшафтах тундры. Концентрация бикарбонат-иона к концу сезона вегетации резко увеличивается в связи с усилением микробиологической деятельности в почвах.

Щелочноземельные элементы также активно мигрируют в ландшафте, из них магний в большей степени закрепляется в илстой фракции почв. В результате всех этих процессов формируются слабощелочные, почти нейтральные воды с низкой минерализацией.

МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Напомним, что характеризуемая территория четко подразделяется на горную и равнинную части, существенно различающиеся по условиям почвообразования и почвенному покрову. Поэтому целесообразно и аналитический материал рассматривать отдельно по каждой части.

Общей чертой механического состава почв равнинной части территории (исключая отложения аллювиального генезиса) является значительная глинистость. Как правило, здесь преобладают варианты от тяжелых, реже средних суглинков до легкой глины. Гранулометрический и вещественный состав почвообразующих пород был нами подробно рассмотрен в соответствующем разделе работы. Почвы в значительной мере наследуют все особенности механического состава почвообразующих пород, поэтому повсеместно в мелкоземной почве преобладают три фракции: мелкого песка, крупной пыли и ила, без явного преобладания какой-либо одной фракции.

ТУНДРОВЫЕ ГУМУСНЫЕ ГЛЕЕВАТЫЕ ПОЧВЫ И ГЛЕЕВАТЫЕ ПОЧВЫ ПЯТЕН

Для отложений водораздельных поверхностей (табл. 36), главным образом их наиболее возвышенных частей, с господством трещинно-наполюгонального мерзлотного микро-рельефа и тундровых глееватых гумусных почв, характерно наличие каменистого скелета, в некоторых случаях (особенно в северной предгорной части) весьма значительное (до 30-50%), особенно если почвообразование идет на элювио-делювии коренных пород. Присутствие скелетного материала здесь, видимо, обусловлено как процессом выдувания мелкозема, так и морозной сортировкой, сопровождающейся выталкиванием щебня на поверхность и его дальнейшим перераспределением по типу каменных колец. Отметим в связи с этим, что в трещинах-ложбинах пятнистых трещинно-наполюгональных тундр содержание скелетного материала (там, где он исходно присутствовал в отложениях), как правило, в 2-3 раза выше, чем в пятнах между ними (табл. 36, разр. 800). Тундровые глеевые остаточно-карбонатные почвы трещинно-наполюгональных тундр также содержат обычно примесь частиц больше 1 мм и иногда формируются на отложениях весьма тяжелого механического состава.

Таблица 36

Механический состав тундровых гумусных глееватых почв (под

№ раз- реза	Элемент мерзлотного микрорельефа	Горизонт	Глубина, см	Потеря от обра- ботки HCl, %	Размер	
					>1	1- 0,25
800	Ложбина под раститель- ностью	АО/А1	0-7	2	18	14
		B _{gr}	7-20	2	57	19
	Пятно	АВр	0-10	1	7	10
		B _{gr}	20-40	1	5	12
251	Ложбина под раститель- ностью	АО	0-5	4	Нет	Нет
		АВ	5-20	3	"	2
		B _{1g}	20-50	3	"	1
		B _{2g}	50-75	3	"	Нет
	Пятно	К	0-1	4	"	"
		B _{1g}	1-25	3	"	1
		B _{2g}	25-50	2	"	2
		B _{3g}	50-75	3	"	Нет

В пределах минеральной части профиля тундровых глеевых гумусных почв заметной дифференциации по механическому составу, как правило, не наблюдается (исключая случаи исходной слоистости отложений), что отвечает в целом и данным других авторов (Игнатенко, 1971; Караваева, 1969).

При сравнении механического состава органогенной (горизонты АО, АО/А1) и минеральной частей профиля тундровых глееватых гумусных почв ПМК трещинно-наполюгональных тундр водоразделов обнаруживается, что органо-аккумулятивные горизонты ложбин могут быть как близки по механическому составу к нижележащей минеральной толще и прилегающим пятнам, так и отличаться от них более легким или более тяжелым механическим составом. Последнее, видимо, связано с тем, что этот тип ландшафтов (вершины водораздельных холмов и гряд) часто характеризуется слоистостью отложений и в трещинах между пятнами-полигонами, где в основном и сосредоточены органогенные горизонты, на дневную поверхность могли выходить нижележащие прослойки иного механического состава. При этом могут оказывать влияние и интенсивные процессы ветровой дефляции.

растительностью) и почв пятен, %

частиц, мм					
0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	< 0,001	< 0,01
19	22	11	10	22	43
16	21	14	7	21	42
16	26	13	12	22	47
17	24	14	10	22	46
62	11	4	7	12	23
38	28	5	6	18	29
31	28	7	9	21	37
31	42	5	6	13	24
34	42	6	14	18	38
31	28	7	9	21	37
37	26	5	7	21	33
24	48	6	6	13	25

ТУНДРОВЫЕ ГЛЕЕВЫЕ ТИПИЧНЫЕ ПОЧВЫ И ПОЧВЫ ПЯТЕН

В тундровых глеевых типичных и, как мы увидим в дальнейшем, в перегнойных почвах склонов водоразделов, сложенных толщей тяжелых суглинков и глин, в отличие от тундровых глееватых гумусных почв каменистого скелетного материала в большинстве случаев не содержится (табл. 37). В минеральной части профиля тундровых глеевых типичных почв, как и входящих с ними в ПМК почв пятен, не наблюдается дифференциации по механическому составу, вызванной почвенными процессами. Однако в тундровых глеевых почвах, приуроченных к понижениям микро- и нанорельефа, особенно в бугорковатых и пятнисто-бугорковатых тундрах, наблюдается четко выраженное облегчение механического состава в верхних органогенных горизонтах. Эта особенность характерна и для тундровых глеевых перегнойных почв, поэтому на объяснении этого явления мы остановимся при анализе материалов по тундровым глеевым перегнойным почвам.

Глеевые почвы пятен, входящие в ПМК наряду с тундровыми глеевыми почвами, по механическому составу существенно не отличаются от минеральных глеевых горизонтов последних.

Таблица 37

Механический состав тундровых глеевых типичных почв (под раститель-

№ разреза	Элемент мерзлотного микрорельефа	Горизонт	Глубина, см	Потери от обработки HCl, %
817	Бугорок с растительностью	A0	0-3	1
		G3	3-8	Нет
		G ₁ 2	8-17	"
		G ₂ 2	17-33	"
		G3	33-44	1
253	Ложбина между бугорками под растительностью	O1/A0	0-10	4
		Bg	10-20	3
		Bg	0-10	3
321	Пятно на бугорке	G2	10-30	3
		Cмерзл.	50-110	3
		A0	0-6	3
		G1	6-17	3
		G2	17-27	3

Таблица 38

Механический состав тундровых глеевых перегнойных (разр. 67, 812) пятен, %

№ разреза	Элемент мерзлотного микрорельефа	Горизонт	Глубина, см	Потери от обработки HCl, %
67	Выровненный участок под растительностью	A0/A1	0-8	6
		Alg	8-20	5
		G2	20-27	5
		G3	27-55	5
		Gck	55-110	6
812	Ложбина между бугорками под растительностью	A0/A1	5-14	4
		G2	14-24	1
		G1	24-45	1
		K	0-1	3
113	Понижения в бугорках	G1	1-10	1
		G1	8-18	1
115	Понижения в бугорках	G1	11-25	1
125	Пятна в гундрах	G1	7-25	3

ностью) и почв пятен, %

	Размер частиц, мм					
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
1	38	28	7	8	17	32
1	38	30	8	7	16	31
1	39	29	8	6	17	31
1	35	32	9	6	17	32
Нет	47	29	5	4	14	23
17	12	27	9	5	26	40
2	8	27	15	17	28	60
2	11	24	15	16	29	60
2	8	27	15	17	28	60
2	9	23	15	19	29	63
2	60	14	4	5	12	21
1	51	28	5	3	9	17
1	52	25	1	7	11	19

и торфянистых (разр. 113, 115, 125) почв под растительностью и почв

	Размер частиц, мм					
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
6	32	24	5	14	13	32
7	29	25	6	14	14	34
3	34	25	5	14	14	33
3	35	24	5	7	22	34
4	32	24	7	13	14	34
0	17	50	9	5	15	29
0	17	34	14	8	26	48
0	16	37	13	10	23	46
0	24	29	10	10	24	44
2	29	35	8	8	24	40
<1	18	53	6	10	12	28
1	29	26	5	23	15	43
8	26	25	7	21	10	38

ТУНДРОВЫЕ ГЛЕЕВЫЕ ПЕРЕГНОЙНЫЕ И ТОРФЯНИСТЫЕ ПОЧВЫ

В механическом составе тундровых глеевых перегнойных почв отмечаются черты, свойственные и другим подтипам тундровых глеевых почв (преобладание фракций мелкого песка, крупной пыли и ила, облегчение механического состава органогенных горизонтов, слабая дифференция глеевой толши при однородной породе). Однако на примере этих почв, приуроченных как к водораздельным, так и к террасовым ландшафтам, более рельефно выявляются различия в гранулометрии почвенных горизонтов, связанные с характером отложений и с почвообразованием (табл. 38).

Особого рассмотрения заслуживает гранулометрия поверхностных органо-аккумулятивных горизонтов ложбин и понижений ПМК бугорковатых тундр с тундровыми глеевыми типичными и перегнойными почвами тяжелого механического состава, представляющими собой весьма специфическое образование — смесь полуразложившихся растительных остатков и органо-минеральных агрегатов.

В таких горизонтах нередко заметно облегчение механического состава по сравнению с нижележащей минеральной толщей, обусловленное главным образом уменьшением содержания ила (разр. 253, 817, см. табл. 37). Однако значительное содержание грубодисперсного органического вещества затрудняет точную оценку изменения механического состава поверхностных органо-аккумулятивных гори-

Таблица 39

Микроагрегатный состав тундровых глеевых почв бугорковатых

№ разреза	Элемент мерзлотного микро рельефа	Горизонт	Глубина, см	Размер	
				1-0,25	0,25-0,05
252	Ложбина под растительностью	АО	5-15	12	28
		Bg	15-25	3	19
602	Пятно на бугорке	Bg	0-5	3	18
		G	20-40	3	16
1004	Ложбина под растительностью	АО	5-20	24	24
		Bg	20-30	4	39
1004	Пятно на бугорке	K	0-2	4	41
		G	20-40	4	38
1004	Ложбина под растительностью	АО	5-12	22	26
		Bg	12-25	4	33
1004	Пятно на бугорке	K	0-2	4	31
		G	20-40	4	32

зонтов. Между тем рассмотрение их с этой точки зрения может дать дополнительный материал к характеристике генезиса как самих почв, так и всего сезонноталого слоя.

С этой целью В.В. Иванов предпринял более детальное изучение гранулометрии тундровых глеевых почв тяжелого механического состава, включая поверхностные органо-аккумулятивные горизонты (Иванов, 1976а, б). Для исследования в верхнем, среднем и нижнем течении р. Пясины (разр. 252, 602, 1004, табл. 39) было выбрано три участка бугорковатых пятнистых тундр. Напомним, что поверхность здесь представляет собой закономерное чередование бугорков с пятнами и разделяющих их ложбин с растительностью. Профиль почв на всех трех участках однотипен: в ложбинах он представлен рыхлым органо-аккумулятивным горизонтом АО разной мощности и нижележащим плотным минеральным горизонтом G или Bg, на бугорках-пятнах — недифференцированным минеральным слоем, по морфологии близким минеральному горизонту ложбин.

Рассмотрение гранулометрического и микроагрегатного состава по горизонтам почв и элементам мерзлотного микро рельефа показывает, что органогенные горизонты ложбин при внешне торфянистом облике имеют величину потерь при прокаливании в среднем 30-35% и являются скорее минеральными. Просмотр мелкозема под биноклем обнаруживает, что он представляет собой смесь

пятнистых тундр, % (Иванов, 1976)

частиц, мм				
0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01
42	5	9	4	18
38	20	14	6	40
39	21	14	5	40
38	22	15	6	43
41	4	4	3	11
25	5	20	7	32
29	6	20	5	31
27	4	21	6	31
39	5	5	3	13
28	13	18	4	35
36	9	17	3	29
34	9	18	3	30

полуразложившихся растительных остатков и минеральных агрегатов, преимущественно тонкопесчаной фракции.

Данные механического анализа свидетельствуют о том, что для органогенных горизонтов ложбин по сравнению с нижележащими минеральными характерно закономерное (в среднем на 20%) обеднение частицами физической глины, главным образом ила, при соответствующем возрастании частиц физического песка (за счет крупной пыли). Профиль пятна на буторке, включая поверхностную корочку, однороден по механическому составу и близок к минеральному горизонту ложбин. Ввиду значительной (30–35%) величины потерь при прокаливании более достоверно судить об изменении в содержании тех или иных фракций можно после пересчета на безгумусную навеску. С этой целью была проведена их обработка H_2O_2 (фракция 1–0,25 мм прокаливалась в связи с содержанием крупных органических остатков), что позволило также составить представление о распределении органического вещества по различным гранулометрическим фракциям. Наибольшим содержанием органического вещества характеризуется фракция 1–0,25 мм, где преобладают крупные растительные остатки, а также в ряде случаев крупнопылеватая и илистая фракции.

Пересчет результатов механического анализа на лишённую органического вещества навеску, с учетом содержания последнего в каждой из фракций, обнаруживает при несколько меньших абсолютных величинах изменений ту же тенденцию: обеднение органогенных горизонтов частицами физической глины, главным образом ила (в среднем на 10%), при одновременном возрастании содержания фракции крупной пыли. Все это дает основание считать, что отмеченные изменения в гранулометрии органогенных горизонтов связаны главным образом с процессами выноса наиболее тонкодисперсной части мелкозема интенсивным поверхностным стоком. Вынос этот осуществляется главным образом тальми водами. Предпосылки для бокового промывания ложбин стока создаются также за счет разрыхляющего действия корней, почвенных беспозвоночных и леммингов, а также вследствие хорошей агрегированности почвенной массы в органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтах.

При оценке изменений в гранулометрии органогенных горизонтов целесообразно рассмотреть и их микроагрегатный состав. Полученные В.В. Ивановым данные (см. табл. 39) свидетельствуют о значительной агрегированности почв в целом. Так, фактор дисперсности (по Н.А. Качинскому), характеризующий степень разрушения микроагрегатов в воде, не превышает здесь 10%, что близко к соответствующим величинам для черноземов. Эта особенность почв, видимо, является следствием их интенсивного многократного промораживания, которое, согласно экспериментальным исследованиям мерзловедов, способствует микроагрегированию глинистых грунтов, а также структурообразующего влияния гумуса, пропитывающего толщу почвы.

Из данных микроагрегатного анализа видно, что, несмотря на небольшое содержание свободного ила, общий резерв способных к выносу частиц <0,01 мм в минеральных горизонтах за счет фракций средней и мелкой пыли достаточно велик и превышает соответствующие величины для органогенных горизонтов в 2–3 раза. При этом часть фракций физической глины, несомненно, может представлять собой вторичные агрегаты из более мелких частиц. На это, в частности, указывает более высокое содержание в минеральных горизонтах "микроагрегатной" тонкой и средней пыли по сравнению с "механической".

Сохранение в органогенных горизонтах некоторой части тонкодисперсного материала в условиях интенсивного бокового надмерзлотного выноса вполне может быть объяснено высокой их микроагрегированностью. Как видно из приведенных в табл. 39 данных, почти до 90% мелкозема здесь может быть сосредоточено в микроагрегатах крупнее 0,01 мм. Следует также учитывать, что при микроагрегатном анализе условия воздействия влаги на образец по сравнению с природными являются экстремальными. Определение микроагрегатного состава в образцах, подвергнутых суточному замачиванию с последующим минутным взбалтыванием, показало, что в этом случае содержание физической глины в органогенных горизонтах практически равно нулю, тогда как в минеральных составляет не менее 20%.

Разумеется, накопление крупнопылеватой фракции в органогенных горизонтах ложбин может иметь не только относительный (за счет обеднения глиной), но и абсолютный (за счет механического дробления более крупных фракций) характер. Укажем в связи с этим на некоторое уменьшение содержания тонкодисперсной фракции в органогенных горизонтах ложбин (разр. 252, 602).

Правомерен вопрос о судьбе выносимого материала и месте его аккумуляции. Наши исследования обнаружили очень высокую (до 30–40%) зольность живого напочвенного покрова характеризуемых участков. Такие же данные для ландшафтов буторковатых тундр Таймыра приводит И.В. Игнатенко (1971). По-видимому, образующийся за счет размыва мелкозема органогенных горизонтов минеральный материал в основной своей массе (за исключением наиболее тонкодисперсной коллоидной части) не выносится поверхностным стоком за пределы ландшафта, а задерживается на поверхности растительного покрова, образующего естественный фильтр. Отметим в связи с этим, что рассмотрение живого напочвенного покрова под бинокляром показывает, что на мхах, осоках, кустарничках, особенно в нижних и осевых частях, образуется сплошной чехол прочно связанного с растением мелкоземистого минерального материала.

Своеобразным гранулометрическим составом характеризуется занимающая обширную площадь группа перегнойных почв, приуроченная к каргинским озерно-аллювиальным террасам (высокие надпойменные террасы р. Пясины и ее основных притоков). Как правило,

они в целом более легки по механическому составу и двучленны: супесчаный маломощный (10–30 см) аллювиальный нанос подстилается легким и средним суглинком также аллювиального генезиса, судя по очень хорошей окатанности скелетного материала. Кроме того, общей чертой этих почв является повсеместное преобладание фракции тонкого песка, что косвенно может свидетельствовать о их аллювиальном генезисе, так как для современных пойменных отложений характерен также преимущественно тонкопесчаный механический состав.

Облегчение механического состава органогенных горизонтов здесь в ряде случаев вполне удовлетворительно могло бы быть объяснено процессами поверхностного выноса с боковым стоком, так как различия в гранулометрии главным образом обусловлены обеднением органогенных горизонтов наиболее тонкодисперсной (< 0,01 мм) фракцией.

Однако просмотр мелкозема под бинокляром обнаруживает в органогенных горизонтах по сравнению с минеральными отчетливо лучшую сортированность материала и, кроме того, более высокое (в 2–3 раза) содержание акцессорных минералов тяжелой фракции. Отметим, что повышенное содержание тяжелых минералов характерно и для современных пойменных отложений территории (естественный шлик). Указанные обстоятельства заставляют рассматривать верхний супесчаный слой как аллювиальный нанос, а не элювиальный горизонт общей однородной толщи. Практически абсолютное совпадение по мощности с ним органогенного горизонта, видимо, объясняется лучшими условиями для распространения здесь корней, которые являются одним из основных источников накопления органического вещества в тундровых почвах.

Разобшающие органогенные горизонты ложбин и бордюров минеральные пятна всегда имеют суглинистый состав и близки по гранулометрии к подстилающей органогенные горизонты минеральной толще. Формирование такой пространственной дифференциации по механическому составу в пятнистых полигонально-валиковых тундровых почвах надпойменных террас может быть связано с прорывом сформировавшегося органогенного горизонта жидким суглинистым пльвуном, обусловленным криотурбационными и солифлюкционными процессами.

В связи с тем, что большая часть пятен в этом типе тундр находится на различных стадиях зарастания (некоторые пятна заросли полностью и обнаруживаются только по кольцеобразным возвышениям бордюров), образование их, возможно, реликтовое, связанное с периодом климатического оптимума, характеризовавшегося интенсивным таянием мерзлоты и процессами излияния и солифлюкации; это, впрочем, не исключает современных единичных прорывов заросших пятен пльвуном, наблюдаемых местами на уступах надпойменных террас.

Механический состав болотно-тундровых и болотных почв надпойменных террас (в частности, II надпойменной террасы) характеризуется теми же особенностями, которые мы отметили для тундровых глеевых перегнойных почв: древнеаллювиальный генезис, двучленность при верхнем более легком наносе (супесь на суглинке), преобладание мелкопесчаной фракции (табл. 40).

Современные пойменные участки долин рек сложены значительной (до 5–8 м) толщей супесчаного и песчаного аллювия, на котором в пределе высокой поймы формируются полигонально-валиковые болота с комплексом легких по механическому составу болотных и болотно-тундровых почв. Для пойменных почв также в большинстве случаев характерен легкий механический состав, хотя встречаются участки суглинистой низкой поймы.

Для дерновых почв равнинной части Таймыра характерен песчаный и супесчаный механический состав, хотя в редких случаях дерновые почвы (особенно зоогенного происхождения) могут формироваться и на суглинистых отложениях. В составе их мелкозема преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли.

И.В.Игнатенко (1978) для дерновых почв урочища Ары-Мас отмечает накопление илстых частиц в дерновом (за счет разрушения первичных минералов) и надмерзлотном горизонтах (суспензионный вынос из верхней части профиля и образование надмерзлотного максимума ила и тонкой пыли).

ГОРНЫЕ ПОЧВЫ

В горной части территории при крайней маломощности мелкоземистого чехла (10–20 см), практически совпадающего по мощности с почвенным профилем, наблюдается в целом легкий его механический состав (легкий суглинок, супесь) при резком преобладании тонкопесчаной фракции (табл. 41). Последняя, видимо, представляет собой продукт механического дробления исходного обломочного материала плотных коренных пород вследствие процесса морозного выветривания.

Как известно, наименьшим пределом подобного измельчения каменистого материала является размер крупной пыли. Именно с этим исследователи связывают повсеместно наблюдаемую пылеватость грунтов Севера (Попов, 1962; Полтев, 1968). В характеризуемых почвах в связи с их относительной молодостью процесс морозного дробления, видимо, еще не дошел до этой стадии. Следует отметить, что в этих почвах наблюдается значительное содержание частиц минерального скелета размером более 1 мм (10–20, нередко до 40%).

Подводя итоги обсуждению материала о механическом составе почв тундр Средней Сибири, можно отметить следующие основные закономерности. В мелкоземе равнинных почв преобладают три фракции: мелкого песка, крупной пыли и ила – без явного преобладания

Таблица 40

Механический состав почв комплекса плоскобугристого болота

№ раз- реза	Элемент мерзлотного микрорельефа, почвы	Горизонт	Глубина, см	Потеря от обра- ботки HCl, %		
					1- 0,25	
558	Вершина бугра; болотно-тундро- вая торфянисто- перегнойно-гле- евая почва	AO	3-13	5	5	
		AO/A1	13-20	5	3	
		Bg	20-37	3	2	
		G1	37-40	3	11	
559	Понижение, при- мькающее к бугру, болотная торфянисто-гле- евая почва	AO/O ₂	3-8	3	3	
		AO	8-15	2	3	
		G2	15-35	3	8	
		G1	35-65	3	8	
565	Сильно заболо- ченная часть понижения между буграми; болот- ная торфянисто- глеевая почва	AO	7-42	4	2	
		G1	42-65	3	14	
256	Выровненный участок терра- сы; болотно- тундровая тор- фянисто-перег- нойно-глеевая	AO	10-18	2	6	
		G2	18-25	2	12	
		Cg	25-45	2	12	

какой-либо фракции. Чрезвычайно низкая водопроницаемость тундровых глеевых суглинистых почв и почв лятен определяет отсутствие заметной дифференциации по механическому составу глеевой толщи.

Однако в процессе почвообразования происходит четко выраженное обеднение фракциями физической глины верхних органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов почв, особенно приуроченных к ложбинам и понижениям в системе почвенно-мерзлотных комплексов. Ответственным за это явление служит процесс горизонтального надмерзлотного элювирования (латеральный процесс по И.В.Игнатенко, 1969). Этот процесс становится возможным по следующим основным причинам: преимущественный сток талых снеговых и дождевых вод по понижениям микрорельефа и малая мощность в них сезонноталого слоя, разрыхляющее действие корней, почвенных беспозвоночных и леммингов, хорошая агрегированность почвенной мас-

на II надпойменной террасе р. Пясины, %.

Размер частиц, мм					
0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	<0,01
44	32	3	4	7	14
50	29	3	3	7	13
57	25	3	3	7	13
44	16	3	7	16	26
70	12	2	2	8	12
71	10	2	3	9	14
48	15	4	5	17	26
46	16	5	4	18	27
62	16	3	5	8	16
40	10	5	10	18	33
44	29	4	5	10	19
44	13	4	8	17	29
42	14	3	9	18	30

сы в органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтах. Микроагрегированность, с одной стороны, способствует лучшей водопроницаемости, с другой - сохранению части тонкодисперсного материала в агрегатах.

Крупнопылевая фракция в верхних горизонтах почв понижений микрорельефа накапливается как относительно, за счет выноса более тонких частиц, так и абсолютно, за счет механического дробления более крупных фракций. В естественных условиях, при ненарушенном растительном покрове, значительная часть выносимого мелкозема не уходит за пределы ландшафта, а задерживается в моховом покрове. Всякого рода нарушения, приводящие к ликвидации растительности, будут способствовать значительному увеличению твердого стока.

Для надпойменных террас рек Таймыра характерной чертой является двучленность профиля - наличие маломощного супесчаного по-

Таблица 41

Механический состав горных почв, % от мелкозема

№ разреза	Почва	Горизонт	Глубина, см	Потеря от обработки HCl, %	Содержание частиц > 1 мм, %
804	Горная дерновая	AO/A1	5-20	1	42
106	Подбур горный	AO/Bfh	2-14	1	Нет
109	Подбур горный	AO/A1	1-9	1	"
112	Подбур горный	AO/Bhf	2-14	1	11

верхностного горизонта, залегающего на толще суглинка. В горах Бырранга в маломощном мелкоземистом чехле преобладает тонкопесчаная фракция.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Состав и профильное распределение глинистых минералов и минералов крупных фракций изучены в тундровых почвах весьма слабо. Исследования В.О.Таргульяна в тундрах Восточной Сибири (о-в Большой Ляховский) показали, что при выветривании и почвообразовании на коренных породах в тундровой зоне (в конкретном случае на гранитах) среди новообразованных продуктов выветривания в почвах преобладают аморфные гидроокиси железа и алюминия, содержащие кристаллических глинистых минералов незначительно. Большая доля новообразованных соединений железа приурочена к пленкам и коркам на поверхности песчано-пылеватых частиц (Таргульян, 1963).

В составе собственно глинистой фазы ила ортоподбуров, формирующихся на гранитах, преобладают минералы из группы гидрослюды (Таргульян, 1971). Но в целом тонкодисперсное новообразованное вещество также состоит преимущественно из аморфных соединений. Аналогичная картина была отмечена Таргульяном и в литоподбуре на базальтовом шлаке, где силикатных частиц глинистых минералов вообще не было обнаружено, а все тонкодисперсное вещество оказалось представленным изотропной аморфной массой.

В качестве причин, затрудняющих синтез глинистых силикатов в подбурях на коренных породах в холодных гумидных областях, Таргульян называет следующие: а) замедленность химических реакций, обусловленная дефицитом тепла летом и длительностью холодного периода; б) обилие тонкодисперсного органического вещества в илистой фракции, связывающего алюминий и железо в органо-минеральные соединения.

Исследования почв, формирующихся в условиях холодного гумидного климата на трапах плато Путорана (охристые подбуры), вы-

Размер частиц, мм						
1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01
26	28	17	10	12	7	29
2	50	24	5	7	12	24
4	41	35	4	3	12	19
5	53	23	4	4	11	19

полненные И.А.Соколовым и Б.П.Градусовым, подтвердили высказанное В.О.Таргульяном положение о преимущественном накоплении в процессе почвообразования аморфных гидроокислов железа и алюминия (1978). В отличие от собственно подбуров в охристых подбурах на трапах этот процесс оказался еще более интенсивным. Однако в илистой фракции описываемых почв и в наших разрезах, заложённых в северо-западной части плато (район оз. Кета), были обнаружены и кристаллические глинистые минералы типа хлорит-сметита (корренсит). Эти же смешанослойные образования наряду с хлоритом, тальком, полевым шпатом и кварцем (следы) были обнаружены в илистой фракции, выделенной из протоочки обломков исходных пород (в данном случае долеритов). Эти наблюдения позволили сделать вывод об унаследованности кристаллической части глинистого материала почвы; этот процесс был нами более подробно рассмотрен в разделе "Почвообразующие породы".

Унаследованность кристаллического компонента глинистого материала тундровых глеевых и неглеевых почв от почвообразующих пород (и массивно-кристаллических, и осадочных) в той или иной мере подразумевается в большинстве сообщений, где приводятся результаты минералогического состава ила. В более ранних работах доминировало представление о преимущественно гидрослюдистом составе тонкодисперсных минералов (Tedrow, Hill, 1955; Douglas, Tedrow, 1960), однако по мере накопления фактического материала наши представления об этом предмете существенно расширились.

Изменчивость биоклиматической обстановки и литологии почвообразующих пород в пределах тундровой зоны позволяет предполагать самые разнообразные ассоциации вторичных минералов. Так, в арктических бурых почвах севера Гренландии глинистые минералы представлены монтмориллонитом, вермикулитом, иллитом и каолинитом (Tedrow, 1970). Дей и Райс в тундровых глеевых мерзлотных почвах долины р. Маккензи (север Канады) установили преобладание смешанослойного монтмориллонит-иллитового минерала с примесью каолинита (Day, Rice, 1964). Несколько новых ассоциаций глинистых минералов было описано и на Аляске.

В арктических бурых почвах и их оподзоленных разновидностях, формирующихся на кислых песчаниках, сланцах, кварцитах и гранитах хр. Брукса были встречены в илистой фракции хлоритоподобные минералы (горизонт В), монтмориллонит и иллит (горизонты А1, А2) (Brown, Tedrow, 1964). Темноцветные тундровые глеевые почвы с преимущественным содержанием монтмориллонита среди вторичных минералов описаны Тедроу и Брауном на северо-западе Аляски, по побережью Чукотского моря (Tedrow, Brown, 1967). Преобладание набухающих слоистых минералов типа монтмориллонита было обнаружено также в темноцветных почвах на бентонитовых сланцах в долине р. Колвилл (MacNamara, Tedrow, 1966). Авторы назвали эти почвы арктическим эквивалентом грумосолей.

Во всех перечисленных работах трансформация минералов илистой фракции в процессах почвообразования не рассматривалась. Однако в последнее десятилетие начали появляться работы, где не только констатируется состав вторичных минералов, но и обсуждается влияние тундрового глеевого почвообразования на глинистые минералы (Allan et al. 1969; Зверева, Игнатенко, 1973а,б; Соколова и др., 1977; и др.).

Аллан, Браун и Ригер, исследуя тундровые глеевые почвы внутренних районов Аляски (Histic Pergelic Gyaquept), формирующиеся на покровных пылеватых суглинках, ледниковых отложениях и элювио-делювии, установили, что их илестая фракция представлена преимущественно каолинитом и хлоритоподобным минералом. Присутствие каолинита в деятельном слое, по мнению авторов, объясняется его новообразованием в условиях сочетания восстановительных условий и кислой реакции. Хлоритоподобные структуры возникают при наличии чередующихся циклов сезонного промерзания и протаивания.

К возможности новообразования каолинита в тундровых поверхностно-глеевых кислых почвах и к хлоритизации разбухающих глинистых минералов склоняются также Т.С.Зверева и И.В. Игнатенко (1973а,б). По их мнению, увеличение содержания каолинита при почвообразовании в тундре может быть вызвано выветриванием первичных и глинистых минералов в кислой восстановительной среде.

Детальный анализ современных данных о трансформации глинистых минералов в тундровых глеевых почвах дан в работе Т.А.Соколовой с соавторами (1977), посвященной изучению минералогического состава ила тундровых почв Воркутинского района. Преобладающие группы минералов в исследованных почвах: каолинит, диоктаэдрический иллит и разрушающиеся неупорядоченно-смешанослойные минералы. В меньших количествах были обнаружены хлорит, хлоритоподобные минералы с переходной от 2:1 к 2:1:1 структурой и кварц.

Авторы отмечают, что, несмотря на слабую профильную дифференциацию и однотипный состав ила по всем исследованным разрезам, можно констатировать и некоторое влияние почвообразовательных процессов на глинистые минералы. Во-первых, следует отметить деградацию иллитовых минералов в верхних горизонтах почв, сопро-

вождающуюся выносом калия. Далее происходит потеря в верхней части профиля разбухающих минералов и хлоритов. Это позволяет авторам предполагать кислотный гидролиз минералов монтмориллоновой группы и хлоритов.

Одновременно в верхних горизонтах идет новообразование почвенного хлорита — почвенная хлоритизация, отмеченная также в вышеприведенных работах Аллана, Брауна и Ригера, Зверевой и Игнатенко, которая характеризуется как процесс внедрения гидроокиси алюминия в межпакетные промежутки 2:1 силикатов и их последующая там полимеризация. Наряду с таким фактором, способствующим почвенной хлоритизации, как процессы промерзания и протаивания, внедрению ионов гидроокиси алюминия может способствовать большая длительность взаимодействия почвенных растворов с твердой фазой за счет низкой водопроницаемости. Процесс оглеения, удаляющий железистые пленки с поверхности глинистых частиц, также способствует хлоритизации, так как после удаления пленок облегчается проникновение ионов гидроокиси алюминия в межпакетные промежутки (Соколова и др., 1977).

Идею о возможности формирования каолинита в тундровых почвах в результате процесса почвообразования Т.А.Соколова и ее соавторы подвергают сомнению, так как даже в более южных подзолистых почвах формирование каолинита не доказано. Накопление минералов каолинитовой группы может быть относительным за счет потерь других минералов. Мы также разделяем эту точку зрения.

До организации стационарных исследований на Таймыре состав первичных и вторичных минералов в почвах не изучался. Своеобразие свойств тундровых почв Таймыра (слабокислая или нейтральная реакция, высокая емкость поглощения, насыщенность поглощающего комплекса основаниями и др.) заставило нас вплотную заняться исследованием их вещественного состава.

Наиболее детально изучена минералогия почв Западного Таймыра в среднем течении р. Пясины, близ устья р. Агапы (Васильевская, Иванов, 1971; Градусов, Иванов, 1974). Здесь образцы для минералогических исследований отбирались из разрезов по геоморфологическому профилю, охватывающему как тундровые глеевые почвы наиболее высоких водораздельных участков, с превышением над урезом реки около 100 м (разр. 251, 253), так и разной степени дренированности тундровые глеевые (разр. 258) и болотно-тундровые (разр. 256) почвы надпойменных террас р. Пясины. При этом характеризовалась не только сезонно-оттаивающая часть почвенного профиля, но и постоянно-мерзлые горизонты (в одном случае с глубины 15 м). Фракции < 0,001 мм были выделены из почв по методу Н.И.Горбунова (1963) и подвергнуты рентгендифрактометрическому исследованию для определения их минералогического состава, а также валовому химическому анализу.

Результаты валового химического анализа фракции < 0,001 мм (табл. 42) свидетельствуют о ее однообразии. Сказанное относится также к молекулярным отношениям $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ и к содержанию

Таблица 42

Валовой состав фракции <0,001 мм тундровых глеевых почв долины среднего течения

№ разреза	Элемент мерзлотного микро-рельефа	Горизонт	Глубина, см	Потеря при прокаливании + гигроскопическая влага, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃
251	Пятно	АВ	0-25	21,37	48,96	23,39
		V _{1g}	25-50	22,75	47,75	23,23
		V _{2g}	50-75	19,04	47,40	22,50
		S _{мерзал}	120-130	18,56	50,40	22,14
253	Пятно	Vg	0-10	21,38	53,34	22,96
		G ₂	10-30	26,45	53,69	24,90
		G ₂	30-50	21,07	53,10	24,58
		S _{мерзал}	50-110	20,45	52,93	23,92
258	Ложбина между пятнами под растительностью	АО/А1	5-15	35,15	53,62	23,75
		V _{1g}	15-30	20,38	53,45	23,64
		C	120-130	18,39	53,67	22,14
	Пятно	V _{1g}	0-20	21,65	52,74	23,50
		V _{2g}	20-40	22,10	52,91	24,86
		V _{3g}	40-75	22,64	52,44	24,78
		A _{погреб}	75-80	23,53	56,93	24,91
		S _{мерзал}	120-130	17,84	52,72	22,51
256	Понижение между буграми под растительностью	АО	10-18	45,95	53,59	24,10
		G ₂	18-25	22,19	52,54	24,31
		Cg	25-45	21,62	53,23	24,47
	Мерзлая подстилающая порода с глубины 15 м.	S _{мерзал}	90-100	24,18	53,63	24,10
				18,24	55,35	23,08

MgO и K₂O. Следует обратить внимание на низкое (0,7-0,8%) содержание K₂O, что косвенно может свидетельствовать о небольшом количестве гидрослюд.

Результаты минералогического и химического анализов хорошо согласуются. Это относится в первую очередь к постоянному минералогическому составу всех исследованных образцов. Небольшие отклонения в характере дифракционных спектров вполне объясняются возможными недостатками экспериментальной техники.

Во всех фракциях в качестве основного компонента (содержание 70-80%) присутствует монтмориллонит (табл. 43). Результаты минералогического анализа почв окрестностей р. Тарей также показали, что монтмориллонит доминирует во всех образцах. Гидрослюда преобладает над каолинитом только в тундровой глеевой почве; во

р. Пясины, % на прокаленную навеску

Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂ / R ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	Содержание фракции <0,001 мм, %
19,42	0,82	2,76	-	2,3	3,5	6,7	21
20,82	0,84	3,86	-	2,2	3,5	6,1	21
21,11	0,61	3,76	-	2,2	3,6	6,0	13
17,93	0,40	3,54	-	2,5	3,8	7,5	14
15,07	0,61	3,00	0,70	2,8	3,9	9,4	29
13,83	0,63	3,06	0,74	2,7	3,7	10,4	28
14,24	0,63	3,53	0,75	2,7	3,7	9,9	28
13,08	1,02	3,24	1,20	2,8	3,8	10,7	28
16,09	0,81	3,00	0,94	2,7	3,8	8,9	9
16,40	0,63	2,34	0,70	2,6	3,8	8,7	16
15,70	2,18	3,22	-	2,9	4,1	9,1	-
16,15	1,18	2,33	0,74	2,6	3,8	8,7	18
16,23	0,87	2,35	0,76	2,6	3,3	8,7	17
16,38	0,68	2,77	0,66	2,5	3,6	9,3	18
11,90	0,94	2,91	0,96	3,9	3,9	12,7	12
16,12	1,23	3,52	1,07	2,5	3,9	8,7	16
15,24	0,78	1,38	0,68	2,7	3,8	9,4	10
16,41	0,86	2,55	0,48	2,6	3,7	8,5	17
15,83	0,40	2,87	0,63	2,6	3,7	8,9	18
13,99	1,84	2,43	0,69	2,7	3,8	10,0	-
12,92	0,62	4,22	-	3,0	4,1	11,4	-

всех других случаях каолинита больше, чем гидрослюды (Зверева, Игнатенко, 1974).

Как в почвах района р. Агапы, так и р. Тарей в илистой фракции обнаруживаются также небольшие количества кварца и полевых шпатов. Довольно однородный по профилю состав глинистого материала в почвах Таймыра свидетельствует об отсутствии существенных стадийных превращений минералов. Могут быть названы следующие основные причины стабильности унаследованных от почвообразующих пород вторичных минералов. Это прежде всего суровость климата (кратковременность периода оттаивания почв, низкие их температуры), далее - слабокислая или почти нейтральная реакция почв. Почти всеми исследователями отмечается в качестве необходимого условия превращения минералов кислая глеевая обстановка. Существен-

Таблица 43

Минералогический состав фракции <0,001 мм почв долины среднего течения р. Пясины, усредненные проценты площадей дифракционных пиков

№ раз-реза	Местоположение по рельефу	Горизонт	Глубина, см	Пик, Å		
				7	10	16,5-17
				каолинит, хлорит	гидрослюда	монтмориллонит
251	Вершина водораздельного холма, пятно	АВ	0-25	10	19	71
		B _{1g}	25-50	11	22	67
		B _{2g}	50-75	11	22	67
		C _{мерзл}	100-120	7	17	76
		C _{мерзл}	120-130	8	14	78
253	Склон водораздельного холма, пятно	B _g	0-10	11	16	73
		G ₂	10-30	11	19	70
		G ₂	30-50	9	25	66
		C _{мерзл}	50-110	9	25	66
258	Высокая надпойменная терраса, пятно	B _g	0-20	5	14	81
		B _{2g}	20-40	5	7	88
		B _{3g}	40-75	4	11	85
		A _{погр}	75-80	10	10	80
		C _{мерзл}	120-130	8	14	78
258	Там же, ложбина под растительностью	АО/А1	5-15	5	28	67
		B _{1g}	15-30	7	14	79
		C _{мерзл}	120-130	8	17	75
256	Заболоченная часть надпойменной террасы	АО	10-18	12	13	75
		G	18-25	10	10	80
		C _g	25-40	7	10	83
		C _{мерзл}	90-100	5	7	88
	Постоянно-мерзлая порода с глубиной 15 м	-	-	10	19	70

ное влияние кислотности почв на трансформацию глинистых минералов прослеживается и на Таймыре.

Уширение первого базального рефлекса в поверхностных органо-генных горизонтах было отмечено Б.П.Градусовым и В.В.Ивановым (1974). Некоторая трансформация монтмориллонита (проникновение воды и органических соединений в межслоевые промежутки) может быть связана с более кислой реакцией и большей обводненностью

Таблица 44

Минералогический состав фракции <0,001 мм почв западной части гор Бырранга, усредненные проценты площадей дифракционных пиков

№ раз-реза	Почва	Горизонт, глубина, см	Пик, Å		
			7	10	16,5-17
			каолинит, хлорит	гидрослюда	монтмориллонит
103	Тундровая гумусная глеевая почва на элюво-делювии углистых сланцев	А12-14	21	40	39
		B _g 14-40	23	43	39
106	Горный тундровый подбур на кристаллических сланцах	АО/В 2-14	17	52	31
109	Горный тундровый подбур на кристаллических сланцах	АО/А10-9	15	53	32
		B _{hf} 9-15	12	45	37

этих горизонтов. Более интенсивное выветривание минералов в гидроморфных и одновременно более кислых почвах по сравнению с тундровыми глеевыми было отмечено на Таймыре и в работе Т.С.Зверевой и И.В.Игнатенко (1974). Процессу хлоритизации, наблюдаемому в некоторых других провинциях тундровой зоны, на Таймыре, очевидно, препятствует (наряду с низкой кислотностью) пропитанность почвы органическими веществами, связывающими гидроокись алюминия в органо-минеральные соединения. Некоторое накопление Al₂O₃ в иле в средней части профиля позволяет предполагать, что процесс хлоритизации может иногда происходить и в тундровых глеевых почвах Таймыра.

Влияние состава пород на формирующиеся минералы илистой фракции почв хорошо прослеживается на составе вторичных минералов тундровых гумусных глееватых почв и подбуров, почвообразующей породой для которых служат сланцы западных отрогов гор Бырранга (табл. 44). Здесь четко проявляется преимущественное образование гидрослюды и большого количества аморфных неокристаллизованных форм гидроокисей железа и алюминия.

Изучение минералогического состава крупных фракций тундровых глеевых почв в районе стационара "Агапа" показало, что в составе количественно преобладающей в мелкоземле тонкопесчаной фракции (размер частиц 0,25-0,05 мм) содержание аксессуарных минералов с удельным весом 2,9 может достигать 10-15% (в среднем оно составляет 3-5%).

Состав тяжелой фракции в целом однотипен: около 70% приходится на моноклинные, в меньшей степени ромбические

пироксены (авгит, диопсид, гиперстен), около 10% – на моноклинные амфиболы (актинолит, тремолит, роговая обманка), 10% – на минералы эпидот-цоизитовой группы; остальное – на гранат, циркон, рутил, ставролит, монацит.

В составе легкой фракции около 60–70% приходится на полевые шпаты (главным образом кислые плагиоклазы, в меньшей степени ортоклаз и микроклин) остальное – на кварц. С учетом содержания только тонкопесчаной фракции количество минералов групп пироксенов и амфиболов может достигать 3–5, а полевых шпатов 10–15% от веса почвы. Таким образом, и минералогический состав крупных фракций почвы обуславливает их потенциальное богатство основаниями.

В связи с наличием в верхней части профиля тундровых почв постоянно идущих циклов сезонного промерзания–протаивания можно ожидать, что в почвах, как и в почвообразующих породах, происходят процессы криогенного преобразования минералов. Поэтому мы включаем этот процесс в список ЭПП (см. табл. 60). Можно отметить, что этот процесс характеризуется слабой интенсивностью, так как ни по валовому составу, ни по минералогии почвы не отличаются существенно от материнской породы.

Оценивая в целом общий минералогический фон почв, можно констатировать, что он, видимо, в наибольшей степени обуславливает проявление ряда химических свойств почв: их небольшую кислотность, богатство основаниями, высокую емкость поглощения, слабое проявление элювиального процесса. В свою очередь все это в итоге соз-

В свою очередь все это в итоге создает предпосылки для относительно высокого их плодородия, что проявляется в значительной первичной и вторичной продуктивности тундровых ландшафтов Таймыра.

ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ

В большинстве собранных образцов почв был сделан следующий набор химических анализов: pH водной вытяжки, гумус по Тюрину, общий азот по Кьельдалю, катионы по Гедройцу (в ряде таблиц приведены данные только по обменным основаниям), гидролитическая кислотность по Каппену, трехвалентное железо по Тамму, легко-растворимые фосфаты по Кирсанову, калий по Масловой. Кроме того, в некоторых образцах были определены подвижный алюминий и обменная кислотность по Соколову.

Степень насыщенности почв основаниями при отсутствии данных по обменному водороду вычислялась с использованием величины гидролитической кислотности. В наиболее типичных разрезах был проведен валовой анализ почвы и ила. Все определения сделаны по мето-

Все определения сделаны по методикам, изложенным в руководстве Е.В.Аринушкиной (1970).

Тундровые гумусные глееватые почвы

Как видно из данных табл. 45, реакция среды в профиле тундровых гумусных глееватых почв, включая поверхностные органогенные горизонты, большей частью близка к нейтральной (pH водный 6–7), при почти полной степени насыщенности основаниями поглощающего комплекса; в случае формирования почв на делювии карбонатных пород реакция щелочная, с вскипанием от HCl по всему профилю (табл. 4θ). Поверхностные органо-аккумулятивные горизонты таких почв при крайней маломощности (2–5 см) и пространственной прерывистости отличаются значительной разложённостью и дисперсностью органического вещества, содержание которого в среднем колеблется от 3–6 до 10–12% (в зависимости от присутствия грубогумусного органического вещества).

Описываемые нами тундровые гумусные глеевые почвы и почвы пятен по морфологии и химизму близки к арктотундровым почвам Северной Якутии (Караваева, 1969), отличия проявляются в насыщенности основаниями верхних горизонтов почв и в слабокислой реакции (pH водный для почв Якутии 5,8; для Таймыра 6,0–6,3). Проявляется влияние богатых основаниями почвообразующих пород и более высокая зональность растений. В глееватых почвах Восточного Таймыра также отмечается высокое содержание обменных оснований и слабокислая реакция почв, в нижней части практически нейтральная (Игнагенко, 1978).

Данные валового анализа по профилю почв, включая постоянно-мерзлую подстилающую толщу, не обнаруживают закономерной дифференциации, обусловленной процессом почвообразования (табл. 47); некоторые различия (там, где они имеются), очевидно, связаны с исходной слоистостью отложений. Большинство тундровых гумусных глееватых почв характеризуется значительным содержанием оксидно-растворимых форм железа (от 0,3 до 1,6%), отмечается тенденция к возрастанию их содержания в нижней части профиля (см. табл. 45).

Гомогенное распределение окислов по профилю связано с суровыми климатическими условиями в арктических тундрах или на вершинах водораздельных холмов в типичной и южной тундрах, к которым приурочены тундровые гумусные глееватые почвы, с застойным типом водного режима и интенсивными криогенными процессами, которые могут затушевывать зачаточные формы дифференциации профиля, особенно в почвах пятен. Однако накопление в почвах аморфных форм алюминия, кремния и железа, переходящих в вытяжку Тамма, свидетельствует о том, что и в этой суровой обстановке идут процессы внутрипочвенного выветривания первичных минералов, оглеения, приводящие к мобилизации SiO₂ и полуторных окислов. Мобилизованные полуторные окислы образуют слабоподвижные органо-минеральные комплексы с гумусовыми веществами. Основная их часть закрепляется на месте, но некоторое количество подвижных

Таблица 45
Химическая характеристика тундровых гумусных глееватых почв под раститель-

№ раз-реза	Элемент мерз-лотного микро-рельефа	Горизонт	Глубина, см	pH вод-ный	Гумус, %	Азот об-щий, %
251	Ложбина между пятнами под растительностью	АО	0-5	6,3	3,76	0,19
		АВ	5-20	6,4	2,82	0,14
	Пятно	V _{1g}	20-50	7,1	1,21	0,03
		К	0-1	7,4	0,76	0,03
		V _{1g}	1-25	6,4	1,81	0,19
		V _{2g}	25-50	6,4	2,10	0,12
57	Ложбина между пятнами под растительностью	V _{3g}	50-75	7,2	1,23	0,09
		АВ	0-20	6,0	3,71	0,26
	Пятно	Vg	20-50	6,8	1,83	0,18
		V _{1g}	0-33	6,4	2,74	0,26
		V _{2g}	33-58	6,8	1,28	0,18
		V _{3g}	50-75	7,2	1,23	0,09
800	Ложбина между пятнами под растительностью	АО/А1	0-7	6,2	7,55	0,31
		Vg	7-20	6,8	3,35	0,04
		АВ	0-10	6,4	3,33	0,06

Таблица 46
Химическая характеристика тундровых гумусово-перегнойных глееватых остаточ

№ раз-реза	Элемент мерз-лотного микро-рельефа	Горизонт	Глубина, см	pH вод-ный	Гумус, %	Азот об-щий, %
124	Ложбина между пятнами под растительностью	АО	0-2	7,1	11,48	0,45
		Vg	2-0	7,4	3,00	0,24
	Пятно	АВ	0-10	7,5	3,75	0,24
		V _{2g}	30-40	7,4	3,05	-
118	Ложбина между пятнами под растительностью	АО	0-5	6,0	12,85	0,37
		АВ	5-10	6,1	5,65	0,20
	Пятно	V _{1g}	0-10	6,6	3,60	0,22
		V _{2g}	30-40	6,7	3,50	0,22
312	Ложбина между пятнами под растительностью	АО	0-6	7,8	6,34	0,26
		V _{1g}	6-10	7,8	2,02	0,51
		V _{2g}	50-60	7,8	1,17	-

ностью и почв пятен

Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы			Гидролитическая кислотность, мг-экв/100г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Fe ₂ O ₃ по Тамму, %
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма			
-	-	26,4	3,0	90	-
17,6	4,0	21,6	1,2	86	1,30
19,0	10,8	29,8	2,2	96	1,27
-	-	23,2	0,5	98	-
16,4	11,8	28,2	2,7	91	1,34
15,6	5,2	20,8	3,2	87	1,30
17,6	9,8	27,4	1,2	86	1,56
23,1	13,5	36,6	2,5	94	0,38
17,8	12,5	30,5	1,8	94	0,58
18,3	12,5	30,8	2,6	92	0,26
16,3	13,0	29,3	1,2	96	0,38
-	-	25,0	2,0	92	-
-	-	-	-	-	-
-	-	21,8	1,0	96	-

но-карбонатных почв под растительностью и почв пятен

Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы			Гидролитическая кислотность, мг-экв/100г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Fe ₂ O ₃ по Тамму, %
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма			
108,7	3,0	138,7	0,9	100	0,30
30,8	4,2	35,0	0,6	98	-
40,3	4,0	44,3	0,7	98	0,60
29,5	5,2	34,7	0,6	98	0,60
-	-	29,3	3,2	90	-
-	-	27,5	2,9	90	-
28,4	9,3	37,7	2,3	94	1,44
25,1	12,1	37,2	2,0	96	1,61
109,2	3,0	112,2	-	-	-
77,8	3,0	81,8	-	-	-
-	-	-	-	-	-

Таблица 47

Валовой химический состав тундровых гумусных глееватых почв (разр. 251), тундровых % на прокаленную навеску

№ разре- за	Элемент мерзлот- ного микрорельефа	Горизонт	Глуби- на, см	Потеря при прокаливании	SiO ₂	Al ₂ O ₃
251	Ложбина между пятнами под рас- тительностью	AB _g	5-20	6,77	71,78	14,91
		B _g	20-45	4,47	70,39	13,46
	Пятно	B ₁	0-25	6,53	72,41	17,80
		B ₂	25-50	6,72	72,79	13,21
		B _{3g}	50-75	4,41	71,31	13,98
		C _{мерзл}	100-110	5,41	71,55	14,37
		C _{мерзл}	120-130	6,00	70,13	14,51
313	Ложбина между пятнами под рас- тительностью	AB	0-10	7,15	60,98	21,33
		B _g	23-66	6,14	60,12	21,09
		C _{мерзл}	90-100	6,76	59,85	20,99
		Порода	3-4 м	6,22	62,92	20,44
124	То же	AO	0-2	17,28	69,13	14,30
		B _{1g}	2-10	9,46	68,98	13,56
		B _{2g}	30-40	6,28	69,71	14,12
118	То же	AO	0-5	19,47	62,32	18,66
		AB _g	5-10	8,75	62,17	18,75
		B _g	30-40	7,87	66,54	16,86

форм железа и алюминия может мигрировать вниз по профилю, обра- зуя в ряде случаев надмерзлотный максимум (Игнаatenko, 1978).

Тундровые гумусные глееватые почвы и находящиеся с ними в комплексе почвы пятен представляют собой, с одной стороны, наи- более дренированный вариант тундровых глеевых почв. На это, в частности, указывают их морфологически слабая оглеенность и ми- нимальное содержание подвижных закисных соединений железа, наи- меньшая естественная влажность и наибольшая аэрированность (см. результаты изучения сезонной динамики). А с другой стороны, это вариант, находящийся в наиболее суровых условиях зимнего перио- да в связи с интенсивным промерзанием, малым снежным покровом, активной ветровой и снежной коррозией, что приводит к слабой отор- фованности и маломощности органогенного горизонта.

На формирование химических свойств описываемых почв, видимо, также в наибольшей степени (по сравнению с другими вариантами) влияет восходящая миграция жидкой фазы, как криогенная зимняя, так и летняя, за счет значительного испарения и иссушения поверх- ностных горизонтов, что дополнительно способствует их обогащению, особенно поверхности пятен, воднорастворимыми основаниями. Осо- бенно резко эта черта почвообразования, видимо, проявляется при формировании почв на делювии карбонатных пород.

гумусово-перегнойных остаточно-карбонатных почв (разр. 313, 124, 118) и почв пятен.

	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
	5,33	0,39	0,06	2,35	2,06	-	-	-
	4,68	0,46	0,06	3,09	2,62	-	-	-
	4,47	0,32	0,06	2,02	2,07	-	-	-
	4,89	0,33	0,08	2,06	1,90	-	-	-
	5,04	0,43	0,07	2,83	2,48	-	-	-
	4,81	-	-	3,02	2,38	-	-	-
	5,71	-	-	2,75	2,39	-	-	-
	8,32	-	-	2,30	3,12	1,43	0,22	0,30
	8,57	-	-	2,46	3,53	1,31	0,12	0,05
	9,57	-	-	2,70	3,52	1,46	0,12	0,15
	6,83	-	-	2,52	3,80	1,31	0,20	0,08
	5,73	-	-	3,58	2,76	0,96	0,17	0,29
	6,93	-	-	5,53	2,83	0,88	0,18	0,09
	4,79	-	-	4,32	2,32	1,06	0,07	0,09
	8,52	-	-	2,65	3,08	1,22	0,16	0,26
	9,42	0,45	0,08	2,41	3,33	1,10	0,33	0,36
	8,64	0,45	0,09	1,69	3,10	1,11	0,22	0,16

Тундровые глеевые типичные почвы

Переходя к характеристике тундровых глеевых типичных почв, свойственных ландшафтам пятнистых и бугорковатых тундр, склонов моренных холмов и гряд и сформировавшихся, как правило, на отло- жениях тяжелого механического состава (тяжелые суглинки, легкие глины), можно констатировать, что у них при тех же в целом осо- бенностях, что и у вышеописанных почв, вместе с тем обнаруживает- ся тенденция к несколько большей кислотности (рН в интервале 5-6) и меньшей степени насыщенности основаниями (80-90%), осо- бенно в поверхностных органо-аккумулятивных горизонтах O1/AO, что, видимо, обусловлено как большей мощностью, так и грубогуму- сностью или торфянистостью последних (табл. 48). Мы уже обраща- ли внимание на специфику морфологии и гранулометрии таких гори- зонтов, представляющих собой смесь различной степени разложени- сти остатков, минеральных и органо-минеральных агрегатов.

Определение содержания гумуса в таких горизонтах в связи с невозможностью достоверного определения корневых остатков от собственно органического вещества почв сопряжено с рядом методи- ческих трудностей. В ряде случаев содержание гумуса в горизонтах AO и AO/A1 этих почв оказывается ниже, чем у тундровых глеева-

Таблица 48

Химическая характеристика тундровых глеевых типичных почв (под растительностью)

№ раз-реза	Элемент мерзлотного микро рельефа	Горизонт	Глубина, см	рН водный	Гумус, %	Азот об-щий, %				
817	Бугорок с растительностью	A0	0-3	6,1	4,15	0,23				
		G3	3-8	6,0	1,86	0,11				
		G2	8-17	5,8	2,67	0,07				
		G2	17-33	6,1	1,89	0,07				
		G3	33-44	7,0	0,98	0,07				
253	Ложбина между бугорками под растительностью	A0	0-10	-	43,55*	0,69				
		Bg	10-20	6,0	2,98	0,19				
		G3	20-37	7,0	2,26	0,09				
		Bg	0-10	6,7	2,53	0,19				
		G ₁ ²	10-30	5,6	2,45	0,15				
321	Понижение между пятнами под растительностью	G ₂ ²	30-50	6,4	2,19	0,09				
		A0	0-6	6,6	3,53	0,22				
		G1	6-17	6,1	0,72	0,12				
101	Понижение между пятнами под растительностью	Пятно	K	0-05	7,5	2,07	0,11			
		Bg	05-20	7,0	0,21	0,08				
		A0	0-3	6,2	5,00	0,30				
						G2	10-20	5,7	1,24	0,10

* Потеря при прокаливании.

тых гумусных, хотя величина потери при прокаливании в таких горизонтах достигает 30-35%.

Как и у предыдущего подтипа, здесь наблюдается интенсивное пропитывание бесцветным органическим веществом всей минеральной толщи почв (содержание гумуса 1-2, местами до 3-4%). Следует обратить внимание на то, что в поверхностных органо-аккумулятивных горизонтах, несмотря на наличие благоприятных условий для бокового промывания и выщелачивания по сравнению с нижележащей минеральной толщей, во всех случаях наблюдается отчетливо большее содержание поглощенных оснований и большая величина емкости поглощения.

Указанное обстоятельство является, видимо, следствием присутствия в этих горизонтах полуразложившихся растительных остатков, характеризующихся, как показали исследования, очень высокой зональностью и обуславливающих значительную часть величины емкости поглощения почв. Последнее, в частности, подтверждается и прямыми экспериментальными данными. В ряде образцов органо-аккумулятивных горизонтов нами была определена общая емкость поглощения (по Гедройцу), а также емкость поглощения илистой фракции. Затем нами была вычислена емкость поглощения, приходящаяся на ил, и по разности - на частицы крупнее 0,001 мм. Полученный расчет показал, что на последние здесь приходится около половины емкости поглощения. Как как минеральные частицы такого

176

и почв пятен

Поглощенные основания мг-экв/100 г почвы			Гидролитическая кислотность, мг-экв/ 100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Fe ₂ O ₃ по Гамму, %	P ₂ O ₅ мг на 100 г почвы	K ₂ O мг на 100 г почвы
Ca ²⁺	Mg ²⁺	сумма					
24,4	12,3	36,7	2,0	85	0,23	9	21
17,4	9,6	27,0	1,6	94	0,56	8	8
-	-	25,4	2,2	92	-	-	-
17,6	9,5	27,1	1,6	95	0,70	5	6
15,9	3,2	19,1	0,5	97	0,18	15	12
50,2	23,6	83,8	-	-	0,91	5	36
19,8	9,8	29,6	4,1	88	1,57	6	13
20,4	11,8	32,2	3,4	90	1,44	9	16
16,8	5,2	22,0	22,2	91	1,44	6	15
16,4	10,8	27,0	6,3	82	0,74	12	12
20,4	12,0	32,4	3,9	89	1,44	-	-
34,8	10,8	45,6	6,2	87	0,65	12	5
31,9	12,5	43,4	3,4	92	-	6	18
27,5	13,8	41,3	0,7	99	0,63	20	7
24,6	11,8	36,4	0,9	98	0,63	25	2
25,8	9,8	35,6	6,7	84	1,03	6	20
21,5	6,7	28,2	2,3	92	0,86	-	-

размера обменной поглотительной способностью не обладают, что естественно, всю величину емкости поглощения здесь следует отнести на счет растительных остатков.

На принципиальную возможность этого указывал К.К. Гедройц (1955), который писал, что в явлениях обмена может принимать участие, кроме минеральной части, не только гумус - в этом обмене принимают участие и органические остатки, не дошедшие еще до стадии гумуса. Высокая зольность органических остатков в свою очередь, видимо, в значительной степени обусловлена богатством почвообразующих пород основаниями.

Сопоставление физико-химических свойств тундровых глеевых типичных почв на меридиональном пересечении Северо-Сибирской низменности от верховьев к низовьям р. Пясины (500 км) не обнаруживает существенных закономерных различий. В целом по мере удаления от гор Бырранга на юг, к полосе лесотундры, намечается тенденция к возрастанию кислотности и уменьшению степени насыщенности основаниями. Однако богатство почвообразующих пород основаниями может противодействовать изменениям в ходе почвообразования, вызванным сменой биоклиматической обстановки.

Результаты валового анализа почв и их илистой фракции (табл. 49) не обнаруживают заметной профильной дифференциации по элювиальному типу, что вполне объясняется отсутствием кислых

177

Таблица 49

Валовый химический состав тундровых глеевых типичных почв (разр. 253), тундровых

№ раз-реза	Элемент мер-лотного микро-рельефа	Горизонт	Глубина, см	Потеря при прокаливании*	SiO ₂	Al ₂ O ₃
253	Понижение между бугорками под растительностью	A0/A1	0-5	16,81	68,20	15,31
		Bg	5-20	9,68	68,96	14,94
		G3	20-37	8,47	69,09	15,50
	Пятно на бугорке	V1g	0-10	9,11	69,70	14,65
		G12	10-30	8,50	69,96	14,81
		G22	30-50	9,43	69,92	14,30
		Смерзл	50-100	10,36	69,36	15,59
50	Бордюр вокруг пятна с растительностью	A0	6-12	7,15	75,06	11,08
		V1g	12-36	5,74	72,51	12,47
258	Пятно	V1g	0-10	5,24	73,20	11,26
		V2g	20-30	4,97	71,48	12,38
		V3g	50-55	5,81	72,42	12,37
		A0	5-15	8,96	79,89	9,01
		V1g	15-30	5,78	76,32	11,55
	Ложбина	Смерзл	120-130	6,44	74,38	13,95
		A0/A1	10-40	9,09	79,25	10,02
		V1g	0-20	5,48	76,03	11,96
	Пятно	V1g	20-40	5,69	76,18	11,93
		V2g	40-75	6,42	76,52	11,41
V3g		75-80	14,30	81,60	10,46	
Aпогреб		120-130	5,08	74,60	12,28	
Смерзл		1500	5,21	71,83	13,99	
Подстилающая мерзлая порода						

* Потеря при прокаливании включает и гигроскопическую влагу.

агрессивных агентов, а также наличием нивелирующей дифференциацию интенсивной восходящей миграции жидкой фазы. Проявлению дифференциации почв, вероятно, также противодействует и циклическая эволюция почв в ряду бугорок-ложбина, сопровождающаяся постоянным нарушением целостности почвенного профиля.

Наиболее существенной чертой почв этого подтипа является морфологически ярко выраженное проявление глеевого процесса (си-зая окраска, яркие охристые выцветы). Как показывают сезонно-динамические исследования, содержание закисного железа в 1 н. сернокислотной вытяжке в течение всего сезона вегетации дости-

глеевых перегнойных почв (разр. 50, 258) и почв пятен, % на прокаленную навеску

Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$
6,50	0,31	0,09	2,21	3,04	6,0	7,6	28,0
6,23	0,27	0,06	1,68	2,94	6,2	7,9	29,0
6,26	0,28	0,05	1,48	2,32	6,0	7,4	29,0
6,07	0,37	0,06	1,77	2,14	6,4	8,1	30,0
5,84	0,35	0,04	1,37	2,77	5,4	8,0	32,0
6,28	0,39	0,08	1,65	2,14	6,4	8,2	32,0
7,05	-	-	1,99	2,07	5,9	7,6	26,0
4,22	0,60	0,13	2,14	2,02	9,3	11,6	48,1
6,11	0,68	0,12	2,37	2,33	7,5	9,9	31,8
5,75	0,76	0,14	1,87	2,07	8,3	11,1	33,9
6,11	0,56	0,12	2,17	2,61	7,4	9,8	31,3
5,59	0,62	0,08	2,14	2,17	7,7	9,9	34,0
3,65	0,53	0,05	2,47	1,07	12,0	15,1	57,8
4,3	0,53	0,05	2,06	1,83	9,5	11,2	47,0
6,08	-	-	1,96	0,51	7,2	9,1	32,6
3,79	0,39	0,06	2,78	1,30	10,9	13,4	57,4
5,16	0,60	0,09	2,04	1,81	8,4	10,7	39,0
4,54	0,53	0,07	2,04	1,39	8,7	10,8	45,3
4,52	0,39	0,04	1,69	1,82	9,1	11,3	45,3
3,32	-	-	0,28	1,19	11,0	13,3	64,8
5,30	-	-	2,60	1,85	8,1	10,3	37,6
4,41	-	-	3,13	2,56	7,3	8,8	42,7

гает здесь 100 мг и более на 100 г почвы, т.е. почти в 10 раз выше, нежели в подтипе тундровых глееватых гумусных почв. Проявлению глеевого процесса в значительной мере способствует тяжелый механический состав почв, низкая порозность и почти постоянная полная водонасыщенность.

Возможно, что столь сильно выраженное оглеение представляет собой реликт более теплого периода (климатического оптимума), когда глеевый процесс протекал более интенсивно. На возможность существования подобного реликтового оглеения в мерзлотных почвах указывал ранее В.Г. Зольников (Зольников и др., 1962). Это по-

исключает современного процесса оглеения, однако проявление его в почвах описываемого региона в целом имеет менее яркий характер, здесь преобладают оливковые тона окраски почвенно-грунтового профиля с отдельными сизыми и ржавыми пятнами.

Тундровые глеевые перегнойные почвы

Переходя к оценке физико-химических свойств тундровых глеевых перегнойных почв, господствующих на дренированных участках каргинских озерно-аллювиальных террас (комплекс пятнистых полигонально-валиковых тундр), следует отметить, что при слабокислой в целом реакции их органо-аккумулятивные горизонты по сравнению с таковыми ранее описанных подтипов характеризуются несколько большей величиной гидролитической кислотности (около 10 мг-экв на 100 г почвы) и меньшей степенью насыщенности основаниями (в среднем 70-80%). Это, видимо, обусловлено их лучшей сформированностью, большей степенью торфянистости, а также легким механическим составом.

Таблица 50

Химическая характеристика тундровых глеевых перегнойных почв под растительностью

№ разреза	Элемент мерзлотного микрорельефа	Горизонт	Глубина, см	рН водный	Гумус, %	Азот общий, %
	Бордюр вокруг пятна под растительностью	AO/A1 B ₁ g	5-15 15-30	6,5 6,2	3,62 1,95	0,09 -
	Пятно	B ₁ g	0-20	6,9	1,47	0,12
		B ₂ g	20-40	6,9	1,64	0,09
		B ₃ g	40-70	7,1	2,18	0,03
		B ₃ g	40-70	7,1	2,18	0,03
67	Выровненный участок под растительностью	AO/A1	0-8	6,1	6,04	-
		A1g	8-20	6,1	5,34	-
		G2	20-27	6,8	1,22	-
		G3	27-55	7,0	0,66	-
		Cg	55-110	7,6	0,78	-
1024	Ложбина между пятнами под растительностью	AO	5-20	5,8	8,36	0,36
		Bg	20-30	6,2	2,05	0,10
	Пятно	B ₁ g	0-10	6,2	1,53	0,09
		B ₂ g	30-40	6,7	1,29	0,04

Однако оценка дифференциации профиля этих почв по химическим свойствам затруднена как его двучленностью (супесь на суглинке), так и насыщенностью органо-аккумулятивной части растительными остатками различной степени разложивности, которые, как указывалось ранее, сами по себе обладают значительной емкостью поглощения. Как видно из приведенных аналитических данных (табл. 50), органо-аккумулятивные горизонты, как правило, характеризуются значительно большей емкостью поглощения по сравнению с нижележащими минеральными.

Данные по общему валовому составу почв (см. табл. 49) главным образом иллюстрируют отмеченную двучленность профиля (большее содержание SiO₂ на фоне обеднения R₂O₃ и особенно Fe₂O₃ за счет меньшего содержания ила в органо-аккумулятивной части профиля, совпадающей по мощности с супесчаным наносом). При сопоставлении минеральной части профиля с нижележащими постоянно-мерзлыми горизонтами на глубине 120-130 см обнаруживается тенденция к некоторому обеднению деятельной сезонной толщи R₂O₃, главным образом за счет Fe₂O₃, на фоне воз-

и почв пятен

Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы			Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Fe ₂ O ₃ по Тамму, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ca ²⁺	Mg ²⁺	сумма				мг на 100 г почвы	
19,8	6,0	25,8	6,3	80	1,32	1,7	-
14,6	5,0	19,6	3,1	86	1,10	4,0	9,0
18,4	9,0	27,4	4,4	86	0,79	2,7	-
14,2	6,0	20,2	3,4	86	1,02	6,5	-
16,6	7,6	24,2	2,1	92	0,69	4,8	-
15,4	7,4	22,8	1,8	93	0,82	3,3	-
15,6	9,2	24,8	1,6	94	0,97	5,5	-
17,8	6,2	24,0	3,7	87	0,69	5,5	-
19,7	6,7	26,4	4,2	86	0,73	5,5	-
16,9	7,2	24,1	1,4	94	0,87	5,5	-
17,8	5,8	23,6	0,7	97	0,36	5,5	-
24,1	6,7	30,8	0,4	99	0,42	5,5	-
-	-	19,4	10,1	66	-	5,5	-
19,8	6,1	25,9	2,5	91	-	4,5	7,2
30,9	10,6	41,5	2,5	92	-	6,7	24,0
-	-	18,7	1,7	96	-	5,5	-

растания содержания SiO_2 и соответственного расширения соотношения $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$, т.е. наблюдается слабо выраженный элювиально-глеевый процесс. Существование последнего вполне закономерно, если учесть насыщенность профиля почв подвижными, в частности оксалатно-растворимыми формами железа, являющуюся, видимо, следствием расшатывания минеральной основы за счет процесса оглеения, а также значительную миграционную способность железа в характеризующих ландшафтах (K_x по Перельману, более 0,1), обнаруживаемую гидрохимическими исследованиями (Васильевская, 1976).

Следует обратить внимание на заметно большее обеднение валовым Fe_2O_3 и особенно CaO погребенного супесчаного органо-генного горизонта по сравнению с современными органо-аккумулятивными. Отметим в связи с этим, что при очень однообразном валовом составе ила по всему профилю почв в иле погребенных горизонтов также наблюдается обедненность Fe_2O_3 . Сказанное позволяет связывать их образование и погребение с иной биоклиматической обстановкой, возможно, со временем климатического оптимума, когда процессы выщелачивания протекают более интенсивно. Сходная точка зрения на происхождение погребенных горизонтов высказывалась и американскими исследователями (Brown, 1969a). Как уже отмечалось ранее, и само образование пятнистых полигонально-валиковых тундр может быть реликтом периода климатического оптимума.

Подход к трактовке классификационного положения почв пятнистых полигонально-валиковых тундр надпойменных террас имеет двойственный характер. С одной стороны, по морфологическим свойствам (сравнительная маломощность органо-генного горизонта, его прерывистость в связи с наличием большого количества голых минеральных пятен) они тяготеют к зональным тундровым глеевым почвам. В то же время по облику органо-генного горизонта (торфянистость) и его физико-химическим свойствам (заметно большая выщелоченность) они весьма близки к болотно-тундровым почвам плоскобугристых и полигонально-валиковых болот. Сходство усиливается двучленностью по механическому составу сравниваемых почв (супесь на суглинке). Последнее обстоятельство для мерзлотных почв приобретает особое значение.

Напомним, что данные механического анализа позволяют разделять мерзлотные почвы на надтиповом уровне, в связи с резко различными условиями дренажа, а следовательно, и характера почвообразования. В рассматриваемом случае двучленность профиля создает особо благоприятные условия для бокового промывания органо-аккумулятивных горизонтов почв, их поверхностного выщелачивания.

Видимо, целесообразно было бы объединить тундровые глеевые перегнойные и болотно-тундровые почвы полигонально-валиковых комплексов каргинских озерно-аллювиальных террас, формирующиеся на двучленных отложениях, в особый тип почв. Не исключено, что

эти почвы не будут иметь аналогов в других регионах тундровой зоны, равно как и особый, "таймырский" тип полигонально-валиковых пятнистых тундр. Для подтверждения этого положения необходимо дополнительные исследования.

БОЛОТНО-ТУНДРОВЫЕ И БОЛОТНЫЕ ПОЧВЫ

Анализ физико-химических свойств болотных и болотно-тундровых почв, занимающих пониженные участки каргинских озерно-аллювиальных террас, целесообразно провести на примере долины р. Пясины в районе устья р. Агапы, где почвы этого типа наиболее распространены. Напомним, что для поверхности таких участков характерно господство комплексов плоскобугристых болот, представляющих собой чередование невысоких плоских бугров с зеленомоховым и сфагновым напочвенным покровом и разделяющих их неглубоких понижений - мочажин с осоково-пушицевой растительностью; подчиненное положение имеют относительно выровненные, различной степени дренированности участки, разбитые сетью неглубоких трещин на полигоны неправильной формы.

Как и тундровым глеевым перегнойным, болотно-тундровым почвам в связи с двучленностью свойственно заметное отличие по физико-химическим свойствам верхней органо-аккумулятивной части профиля (совпадающей по мощности с супесчаным наносом) от нижней лежащей минеральной, что проявляется в меньшем значении pH, большей гидролитической кислотности, меньшей степени насыщенности основаниями (табл. 51). Вместе с тем в связи с большей мощностью органо-аккумулятивного горизонта (до 25-40 см) и преимущественно перегнойным или торфянистым его характером потеря при прокаливании составляет 16-24%. У описываемых почв появляется, хотя и незначительная по величине, обменная кислотность и более кислый pH минеральной, подстилающей органо-генный горизонт части профиля, особенно заметные у наиболее заболоченных вариантов (разр. 565).

На повышенных элементах мерзлотного микрорельефа, главным образом на буграх, отмечаются, кроме того, признаки вертикальной дифференциации по химическим свойствам в пределах облегченной по механическому составу органо-генной части профиля, что проявляется в большей выщелоченности нижних, надконтактных горизонтов; при этом на пониженных участках подобной дифференциации, как правило, не наблюдается. При оценке этих различий следует учитывать, что для вертикальной дифференциации профиля почв определяющее значение имеет наличие условий нисходящего его промывания, а последние существенно различны по элементам мерзлотного микрорельефа.

В связи с этим следует рассмотреть, как складываются условия для промывания и выщелачивания характеризующих комплексов почв в целом. Широкое развитие бокового выноса в пределах верхних горизонтов в тундровых почвах к настоящему времени можно счи-

Таблица 51

Химическая характеристика почв комплекса плоскобугристого болота II надпойменной

№ раз- реза	Элемент мерз- лотного мик- рорельефа, почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	Гумус, %	Обменная кислот- ность по Соколову, мг-экв/100 г почвы	
						H ⁺	Al ³⁺
588	Вершина буг- ра; болотно- тундровая торфянисто- перегнойно- глеевая почва	AO	8-13	5,3	16,50*	0,24	0,08
		AO/A1	13-20	5,1	14,10*	0,18	0,12
		Bg	20-37	5,2	11,10*	0,12	0,34
		G	37-40	5,6	1,25	0,10	0,28
559	Понижение, примыкающее к бугру, бо- лотная тор- фянисто-глее- вая почва	AO/02	3-8	5,4	6,24	0,08	0,24
		AO	8-15	5,5	5,93	0,06	0,18
		G2	15-35	6,0	1,43	0,05	0,09
		G1	35-65	6,4	1,26	0,04	0,04
565	Сильнозобо- лоченная часть пони- жения между буграми; бо- лотная торфа- нисто-глеевая почва	O1	2-7	4,8	16,41*	-	-
		O2	7-42	5,0	14,15*	0,10	0,28
		G1	42-65	5,1	2,31	0,34	0,58
256	Выровненный участок тер- расы; болот- но-тундровая, торфянисто- перегнойно- глеевая почва	O1	0-10	5,2	30,0*	-	-
		AO	10-18	5,5	10,27*	-	-
		G2	18-25	5,6	1,83	-	-
		Cg	25-45	5,6	0,95	-	-

*Потеря при прокаливании.

тать твердо установленным. Возникновение его определяется близким к поверхности расположением мерзлотного водоупора, а также плохой водопроницаемостью минеральной бесструктурной, часто тиксотропной почвенно-грунтовой массы. В характеризуемых почвах, наряду с названными факторами боковое промывание в значительной мере определяется большей рыхлостью верхней органогенной части профиля.

Как показали наши полевые исследования, порозность органо-аккумулятивных горизонтов здесь составляет около 70%, тогда как нижележащих минеральных - не более 30-40 (величина объемного веса составляет соответственно 0,7-0,9 и 1,7-1,9). Об интенсивном промывании органогенных горизонтов свидетельствует и ранее отмеченная отбеленность частиц минерального скелета. Особенно благоприятные условия для промывания органогенных горизонтов создаются в первой половине лета, когда уровень оттаивания мерзлоты практически не опускается ниже этого горизонта. Однако в

террасы р. Пясины

Поглощенные катионы по Гедройцу, мг-экв/100 г почвы			Гидролити- ческая кислотность, мг-экв/ 100 г почвы	Степень насыщен- ности основ- ными катионами, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺				
30,8	27,9	0,8	8,0	88	6	10
28,1	23,8	3,0	10,1	84	3	5
11,8	12,2	3,2	8,6	74	3	-
18,3	12,5	2,2	6,1	83	1	-
14,3	10,1	2,4	6,3	79	2	5
17,4	10,9	1,4	4,4	86	3	3
18,1	14,2	0,4	1,7	95	4	-
19,3	12,2	0,4	1,2	96	6	-
-	-	-	-	-	3	-
12,8	5,6	0,2	7,3	71	2	12
17,2	11,2	1,0	6,6	81	4	-
-	-	-	-	-	2	23
16,8	2,4	-	12,4	61	1	6
13,6	3,0	-	4,1	80	2	5
17,8	4,0	-	1,7	93	13	6

связи с развитым мерзлотным микрорельефом поверхностный сток в основном захватывает только понижения между буграми и отчасти выровненные участки.

При боковом движении верховодки (или ее застое в замкнутых понижениях) здесь соответственно нет и предпосылок для вертикальной дифференциации профиля почв. Иные условия создаются на повышенных элементах микрорельефа. Боковое промывание здесь, как правило, ограничено, так как увлажнение в основном определяется только осадками, выпавшими в пределах самого повышения (пониженные участки получают влагу и за счет вышележащих ландшафтов). В соответствии с этим на буграх, отчасти и на всех повышенных по микрорельефу участках появляются условия для вертикальной дифференциации в пределах верхней, облегченной по механическому составу органогенной части профиля. При этом просачивающаяся влага, достигнув куполообразного водоупора, с которым, судя по морфологическим описаниям, почти абсолютно совпадает

Таблица 52

Валовой химический состав болотно-тундровых почв, % на про

№ раз-реза	Горизонт	Глубина, см	Потеря при прокаливании	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
256	A0	10-18	10,27	82,85	7,85	2,66
	G2	18-25	1,83	80,37	8,53	3,44
	Cg	25-45	0,95	80,36	9,17	4,31
262	C _{мерзл}	90-100	1,28	80,91	9,66	3,83
	A0/A1	0-10	5,01	82,85	7,85	2,66
	A1	10-25	5,87	80,37	8,53	3,44
		25-51	5,79	80,36	9,17	4,31

и уровень оттаивания мерзлоты, будет стекать по нему, вызывая выщелачивание надконтактного горизонта; это подтверждается и аналитически.

Как видно из данных табл. 43, эти горизонты в почвах бугров (разр. 558) характеризуются наименьшим содержанием поглощенных оснований и наибольшей кислотностью, в том числе большим содержанием поглощенного водорода.

Таким образом, на различных элементах мерзлотного микро-рельефа плоскобугристых болот неодинаковы степень и характер увлажнения, а следовательно, и особенности почвообразования. В соответствии с этим к собственно болотным здесь можно отнести только почвы понижений, тогда как почвы бугров и отчасти выровненных участков следует рассматривать в ряду своеобразных по генезису двучленных полугидроморфных болотно-тундровых почв, генетически примыкающих к зональным тундровым глеевым почвам, в частности к подтипу тундровых глеевых перегнойных почв.

Обращает на себя внимание тот факт, что даже в наиболее заболоченных разностях с торфяным горизонтом (разр. 559, 565) величина потери при прокаливании в целом довольно невелика (от 6 до 16%). Следует принимать во внимание, однако, что эти величины отражают весовое соотношение сухой, незначительной по удельному весу органогенной массы и песчаного мелкозема; по объему органогенная масса, судя по визуальной оценке, здесь составляет 30-50%.

Данные валового состава почв (табл. 52) в связи с двучленностью последних не могут быть использованы в диагностических целях и имеют лишь общий иллюстративный характер. Что касается валового состава илстой фракции почв, то он характеризуется однообразием по всему профилю, что, видимо, также связано с унаследованностью глинистого материала характеризующихся почв от подстилающих пород морского генезиса.

каленную навеску

TiO ₂	MnO	CaO	MgO	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$
0,30	0,05	2,03	1,53	15,0	17,9	86,2
0,40	0,05	2,33	1,78	13,2	16,5	65,2
0,41	0,06	1,34	1,54	11,4	16,0	50,0
-	-	1,61	1,05	11,2	14,2	56,2
0,30	0,05	2,03	1,55	15,0	17,9	86,2
0,40	0,06	2,33	1,78	13,2	16,5	65,1
0,41	0,06	1,34	1,54	11,4	16,0	50,0

Рассмотрение химико-аналитических данных, характеризующих аллювиальные болотные и болотно-тундровые почвы комплекса полигонально-валиковых болот, господствующих на высокой пойме, позволяет говорить о том, что фиксируемые изменения в химических свойствах по горизонтам здесь в значительной мере связаны с присутствием богатого основаниями органического вещества; в связи с этим в органогенных горизонтах отмечаются часто даже более щелочная реакция, большая степень насыщенности основаниями и емкость поглощения, нежели в нижележащих минеральных горизонтах (табл. 53).

Связь химических свойств почвы со свойствами грубодисперсной органики видна на примере почв дренированных полигонов, где на фоне монотонного распределения по профилю частиц >0,01 мм (в том числе <0,001 мм) в горизонте Bh наблюдается резкое (в 3-4 раза) возрастание содержания поглощенных оснований, гидролитической кислотности и емкости поглощения в целом, четко коррелирующее с возрастанием содержания части размером 0,01-0,05 мм, представленных главным образом вымытым грубым органическим веществом. В целом можно отметить тенденцию к большей насыщенности основаниями органогенных горизонтов, формирующихся при участии мохового покрова (валики, центры дренированных полигонов), имеющего большую по сравнению с осоковым торфом зольность.

Наибольшей кислотностью и низкой степенью насыщенности основаниями характеризуются органогенные горизонты трещин-ложбин, разделяющих полигоны. Эта особенность, видимо, связана не только с постоянной их заболоченностью и наибольшей торфянистостью, но также и с обогащенностью железистыми органо-минеральными соединениями фульватной природы. Последние поступают в ложбины, являющиеся геохимическим барьером для соединения железа, как с прилегающих полигонов, так и с вышележащих ландшафтов. Ви-

Таблица 53

Химическая характеристика почв комплекса полигонально-валико

№ раз-реза	Элемент мерзлотного микро-рельефа, почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	Гумус, %
272	Центр заболоченного полигона; болотная торфянисто-глеевая почва	GC	5-20	5,3	7,42
		GC	20-40	5,2	6,51
274	Валик полигона; болотно-тундровая торфянисто-перегнойно-глеевая почва	AO	3-10	5,0	11,05*
		A1	10-15	5,9	6,24
		Bg	15-20	5,7	4,71
		O2	5-15	4,1	41,15*
128	Ложбина между полигонами; болотная торфянисто-глеевая почва	G	15-30	5,5	4,62
		AO	2-6	6,8	4,71
		Bh	6-8	6,9	12,50*
		Bgh	8-12	6,4	14,42*
274	Дренажный полигон; болотно-тундровая перегнойно-глеевая почва	Cg	12-40	5,3	4,70
		AO	0-4	6,3	20,00*
		AO/A1	4-7	6,2	4,48
		Bh	7-11	5,7	2,07
128	Валик полигона; болотно-тундровая торфянисто-перегнойно-глеевая почва	Cg	11-18	5,5	1,17

*Потеря при прокаливании.

зуально об этом можно судить по присутствию в этих горизонтах большого количества ржавых хлопьевидных образований.

При сопоставлении в целом физико-химических и морфологических свойств почв поймы и надпойменных террас, наряду с отмеченной ранее общностью почв полигонально-валиковых болот высокой поймы и плоскобугристых болот надпойменных террас обнаруживает кроме того, значительное сходство почв дренированных участков

вого болота

Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы			Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %
Ca ²⁺	Mg ²⁺	сумма		
8,8	2,0	10,8	6,5	62
4,8	2,8	7,6	4,6	62
8,8	4,0	12,8	9,1	58
13,2	3,6	16,8	5,3	76
8,0	0,4	8,4	3,8	68
11,6	5,2	16,8	23,9	41
5,6	1,2	6,8	3,1	69
14,0	5,6	19,6	2,8	87
19,6	11,2	30,8	3,8	88
18,0	14,0	32,0	6,5	83
5,2	2,0	7,2	3,7	66
15,5	6,9	22,4	13,7	62
15,2	4,7	19,9	6,2	76
12,3	4,4	16,7	6,9	70
6,6	2,5	9,1	4,3	67

плоскобугристых болот, относимых нами к торфянисто-перегнойным болотно-тундровым, и участков под растительностью между пятнами в комплексе пятнистых полигонально-валиковых тундр, относимых к торфянистым и перегнойным тундровым глеевым. Различия между ними сводятся главным образом к мощности органогенного горизонта и степени его оторфованности. Поэтому отнесение этих двух категорий почв к различным почвенным типам условно.

Таблица 54

Химическая характеристика тундровых дерновых почв на легких породах

№ разреза	Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	Гумус, %	Азот общий, %	Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы		Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Fe ₂ O ₃ по Тамму, %	P ₂ O ₅ мг на 100 г почвы	K ₂ O мг на 100 г почвы	
							Ca ²⁺	Mg ²⁺						
130	Тундровая дерновая слабообразованная	A1	0-24	5,4	4,47	0,18	9,0	0,2	9,2	6,4	59	0,73	1	5
		AC	24-37	5,7	3,47	0,06	3,4	1,2	9,6	2,7	78	0,45	2	6
		C ₁	37-60	6,0	0,10	-	5,9	3,2	9,1	1,2	88	0,40	4	8
		C ₂	60-90	6,0	-	-	1,8	1,2	3,0	0,4	88	0,29	4	3
724	Тундровая дерновая глубокоглееватая	A1	0-5	6,5	7,36	0,28	-	-	-	-	-	1	20	
		A ₂ 1	5-20	6,1	4,88	0,13	-	-	-	-	-	1	13	
		Bg	20-36	5,9	2,09	0,06	-	-	-	-	-	1	3	
322	Тундровая дерновая слабообразованная иллювиально-железисто-гумусовая	A1	0-3	6,2	15,10	-	-	-	-	-	0,51	13	24	
		B	3-9	6,2	1,81	-	13,8	4,9	18,7	1,1	94	0,38	10	8
		Bh	9-19	6,2	2,36	-	16,4	3,0	19,4	1,4	93	0,33	8	6
		Bhf	19-52	6,0	2,16	-	15,9	3,4	19,3	1,4	93	0,58	5	5
		Bhf	27-30	5,9	4,54	-	10,6	2,7	13,3	1,7	89	1,38	3	5

(прослойка)

ДЕРНОВЫЕ ПОЧВЫ

Говоря о морфологии тундровых дерновых почв Таймыра, мы уже отмечали те признаки, которые не позволяют отнести эти хорошо дренированные почвы, формирующиеся на легких породах, к типу подбуров. Аналитическая характеристика также подтверждает их самобытность. Мы располагаем для дерновых почв небольшим фактическим материалом, поэтому для их описания используем также данные И.В. Игнатенко (1971, 1978), полученные для районов стационаров "Тарей" и "Ары-Мас".

В табл. 56 представлены данные по аналитической характеристике занимающих очень незначительную площадь, но вместе с тем весьма типичных для описываемой территории почв крутых, хорошо прогреваемых склонов долин крупных рек — так называемых яров (табл. 54, разр. 724), а также почв высоких террас Пясины, сложенных песчаными или супесчаными отложениями (разр. 130 и 322). Как правило, они формируются под хорошо развитым злаково-разнотравным или кустарничково-лишайниковым покровом, характеризуются довольно мощным (более 20 см) гумусово-аккумулятивным горизонтом, его высокой гумусированностью (содержание гумуса 5-10%). Отчетливо промывной режим на фоне небольшого содержания богатых основаниями монтмориллонитового глинистого материала (легкий механический состав) и относительно стабильного, не нарушаемого морозными деструкциями профиля, видимо, способствует формированию кислого ненасыщенного основаниями органического вещества.

№ разреза	Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	Гумус, %	Азот общий, %	Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы		Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Fe ₂ O ₃ по Тамму, %	P ₂ O ₅ мг на 100 г почвы	K ₂ O мг на 100 г почвы	
							Ca ²⁺	Mg ²⁺						
130	Тундровая дерновая слабообразованная	A1	0-24	5,4	4,47	0,18	9,0	0,2	9,2	6,4	59	0,73	1	5
		AC	24-37	5,7	3,47	0,06	3,4	1,2	9,6	2,7	78	0,45	2	6
		C ₁	37-60	6,0	0,10	-	5,9	3,2	9,1	1,2	88	0,40	4	8
		C ₂	60-90	6,0	-	-	1,8	1,2	3,0	0,4	88	0,29	4	3
724	Тундровая дерновая глубокоглееватая	A1	0-5	6,5	7,36	0,28	-	-	-	-	-	1	20	
		A ₂ 1	5-20	6,1	4,88	0,13	-	-	-	-	-	1	13	
		Bg	20-36	5,9	2,09	0,06	-	-	-	-	-	1	3	
322	Тундровая дерновая слабообразованная иллювиально-железисто-гумусовая	A1	0-3	6,2	15,10	-	-	-	-	-	0,51	13	24	
		B	3-9	6,2	1,81	-	13,8	4,9	18,7	1,1	94	0,38	10	8
		Bh	9-19	6,2	2,36	-	16,4	3,0	19,4	1,4	93	0,33	8	6
		Bhf	19-52	6,0	2,16	-	15,9	3,4	19,3	1,4	93	0,58	5	5
		Bhf	27-30	5,9	4,54	-	10,6	2,7	13,3	1,7	89	1,38	3	5

Наши материалы и данные И.В. Игнатенко свидетельствуют о том, что дерновые почвы характеризуются слабокислой реакцией, малой величиной гидролитической кислотности. Книзу по профилю реакция почв часто становится почти нейтральной, а количество обменных оснований и величина гидролитической кислотности резко уменьшаются с уменьшением количества корней и запасов гумуса.

Дерновые почвы Таймыра имеют довольно большие для почв легкого механического состава емкость поглощения и сумму обменных оснований, что является следствием богатства и слабой выщелоченности почвообразующих пород. Общее содержание аморфных полуторных окислов в дерновых почвах значительно ниже, чем в тундровых глеевых почвах; отмечается четко выраженный надмерзлотный максимум. И.В. Игнатенко связывает это явление с коллоидальным подтоком полуторных окислов с вышележащих элементов рельефа.

Нам кажется более вероятным поступление органо-минеральных комплексов из вышележащих горизонтов с кислой реакцией среды и закрепление над мерзлотой в более нейтральной обстановке.

Данные валового химического состава дерновых почв говорят об относительном обеднении гумусово-аккумулятивных горизонтов кремнеземом на фоне обогащения R₂O₃, CaO, MgO, SO₃ за счет дернового процесса (Игнатенко, 1978).

ГОРНЫЕ ПОЧВЫ

Мы располагаем чрезвычайно ограниченным материалом по химической характеристике почв гор Бырранга. Однако в связи с практически полным отсутствием данных по почвам этих труднодоступных районов Таймыра мы считаем целесообразным их кратко обсудить. Химико-аналитические данные обнаруживают заметные различия в почвах горной и равнинной частей Таймырского полуострова (горы Бырранга с предгорьями и Северо-Сибирская низменность), связанные с характером почвообразующих пород.

Примитивные органогенно-щебнистые почвы, приуроченные главным образом к небольшим ложбинам стока на щебнистых осыпях, к защищенным от сильных ветров скальным выступам с мелкоземом, где может поселиться скудная растительность (низкостебельные мхи, лишайники, камнеломки и т.д.), тесно связаны в своем химизме с исходной породой (табл. 55, разр. 810, 811). Почва на элювии карбонатных пород интенсивно вскипает, характеризуется слабощелочной реакцией и небольшой аккумуляцией органического вещества. Примитивные почвы на сланцах (разр. 811) кислые, с небольшой суммой обменных оснований и низкой степенью насыщенности основаниями (40-60%). В супесчаном мелкоземом накапливается значительное количество грубого гумуса (4-7%).

На южных склонах в местах выхода основных пород под пышной злаково-разнотравной растительностью формируются темноцветные сильногумусированные почвы с легкосуглинистым мелкоземом, которые были названы нами горными дерновыми почвами (см. раздел "Морфология"). Это тоже слабокислые ненасыщенные почвы. От примитивных почв они отличаются значительно лучшей сформирован-

Таблица 55

Химическая характеристика горных почв

№ разреза	Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	Гумус, %	Азот общий, %
810	Горная примитивная органогенно-щебнистая	АС	0-10	7,9	1,00	-
811	Горная примитивная органогенно-щебнистая	АО	0-2	5,9	7,60	0,24
		АС	2-10	5,1	3,90	0,04
804	Горная дерновая	А1	5-20	5,8	6,80	0,24
106	Подбур горный	АО	0-2	4,3	-	-
		АО/Bhf	2-10	4,0	5,35	0,35
109	Подбур горный	АО/А1	0-9	5,3	6,12	0,32
		Bhf	9-10	5,0	12,73	0,47
112	Подбур горный	AP/Bhf	2-14	5,0	11,65	0,58

ностью профиля, большей мощностью (до 50 см), оструктуренностью мелкозема и его более тяжелым механическим составом.

Наиболее распространены в горах Бырранга на элювио-целювии коренных пород горные подбур (разр. 106, 109, 112). При крайней маломощности профиля (10-15 см) в них все-таки можно проследить всю гамму диагностических горизонтов подбуров, часто совмещающихся по вертикали.

Для подбуров характерна кислая реакция (pH 4-5), высокая гидролитическая кислотность, небольшое содержание поглощенных оснований при очень низкой (30-50% в среднем) степени насыщенности ими поглощающего комплекса (табл. 55). Содержание гумуса колеблется от 5 до 12%, нередко с максимумом в надконтактном с подстилающими плотными породами горизонте Bhf, обогащенном также и оксалатно-растворимыми формами железа (до 2%), что свидетельствует о наличии процесса Al-Fe-гумусовой миграции. В целом, как уже отмечалось выше, эти почвы очень близки к описанной В.О. Таргульяном (1971) группе кислых ненасыщенных почв с бурым морфологически неподзоленным профилем, свойственным холодным гумидным районам и формирующихся в условиях свободного внутреннего дренажа. Чрезвычайная суровость климатических условий, континентальность климата определяют специфику подбуров гор Бырранга - маломощность профиля.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

Исследованные нами почвы Таймыра существенно различаются по характеру и мощности органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов (табл. 56). Напомним, что эти важнейшие морфологиче-

Поглощенные катионы по Гейройдцу, мг-экв/100 г почвы		Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Fe ₂ O ₃ по Тамму, %
Ca ²⁺	Mg ²⁺			
-	-	-	Вскипает	-
6,00 (сумма)		9,2	40	-
6,90 (сумма)		4,0	60	-
4,2	4,0	14,8	64	-
3,0	1,1	57,1	50	1,05
2,8	0,9	26,9	50	2,18
4,9	1,0	19,8	28	1,25
5,3	3,3	16,7	33	1,22
7,7	0,9	22,2	26	1,43

ские признаки тундровых почв формируются под воздействием таких ЭПП, как подстилко- и торфообразование, поверхностное накопление грубого гумуса, внутривершинное гумусообразование. В тундровых гумусных глееватых почвах под маломощным горизонтом слабо разложившейся подстилки или маломощного торфянистого горизонта обычно формируется гумусово-аккумулятивный горизонт А1 или АВ довольно большой мощности. В тундровых глеевых типичных почвах сохраняется "подстилочный" характер верхнего органогенного горизонта, но в разных экологических условиях меняется степень разложившихся органических остатков, наблюдается гамма переходов от горизонта типа О1 (практически неразложившийся опад) до грубогумусного горизонта А0 с большим количеством полуразложившихся растительных остатков. При этом общая мощность этого горизонта не превышает 4-5 см.

В тундровых глеевых перегонных почвах в связи с более благоприятными экологическими условиями (террасы рек, понижения микро- и нанорельефа и т.д.) суммарная мощность органогенных горизонтов по сравнению с таковыми тундровых глеевых почв существенно увеличивается, под ними располагается хорошо выраженный гумусово-аккумулятивный горизонт, иногда достигающий мощности 40 см. В подтипе тундровых глеевых торфянистых почв мы наблюдаем уже довольно мощный горизонт слабо разложившегося торфа, подстилаемого глеевыми горизонтами.

В почвах пятен органогенные и гумусово-аккумулятивные горизонты отсутствуют. В дерновых почвах, приуроченных к легким по механическому составу отложениям, подстилки нет, а формируется

Таблица 56

Мощность органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов в равнинных почвах Таймыра, см

Тип	Подтип	О1	О2	О1/А0	А0	А0/А1	Общая мощность органогенных горизонтов	А1 (АВ)
Тундровые глеевые	Тундровые глееватые гумусные	4	-	6	-	-	5	17
	Тундровые глеевые типичные	3	5	5	4	-	4	-
	Тундровые глеевые перегонные	5	8	6	-	10	13	11
	Тундровые глеевые торфянистые	12	9	-	-	-	12	-
Тундровые дерновые	То же	-	-	-	-	-	-	22
Болотно-тундровые	"	7	6	5	8	8	12	-
Болотные	"	14	17	16	-	-	24	-

Таблица 57

Биомасса корней и запасы гумуса в некоторых типах почв

№ разреза	Элемент нанорельефа	Глубина, см	Объемный вес, г/см ³	Гумус, %	Запас гумуса	Масса корней (живые и отмершие)	Общий запас органического вещества
251	Пятно	0-10	0,95	1,81	1,7	0,8	2,5
		10-20	0,91	1,81	1,7	0,6	2,3
		20-30	1,11	2,10	2,3	0,2	2,5
	Ложбина	0-10	0,65	2,82	1,8	1,8	3,6
		10-20	0,95	2,82	2,7	0,2	2,9
		20-30	1,11	1,21	1,3	0,1	1,4
253	Бугорок	0-10	0,70	2,53	1,8	4,2	6,0
		10-20	1,56	2,45	3,8	0,9	4,7
		20-30	1,60	2,19	3,5	0,2	3,7
	Ложбина	0-10	0,40	3,59	1,4	6,0	7,4
		10-20	0,70	3,77	2,6	1,1	3,7
		20-30	1,60	2,26	3,6	0,2	3,8
257	Бугорок	0-10	0,40	5,17	2,1	3,8	5,9
		10-20	0,57	5,17	2,9	0,4	3,3
		20-30	1,37	1,43	2,0	0,2	2,2
	Понижение	0-10	0,40	4,60	1,8	3,5	5,3
		10-20	0,60	5,60	3,4	2,0	5,4
		20-30	1,65	1,83	3,0	0,9	3,9
258	Пятно	0-10	1,76	1,47	2,6	1,1	3,7
		10-20	1,76	1,64	2,9	0,5	3,4
		20-30	1,92	2,17	4,2	0,4	4,6
	Бордюр	0-10	0,65	3,62	2,3	4,7	7,0
		10-20	1,76	1,95	3,4	0,8	4,2
		20-30	1,92	1,95	3,7	0,1	3,8
262	Бугорок	0-10	0,40	3,24	1,3	2,2	3,5
		10-20	1,50	2,63	3,9	0,4	4,3
		20-30	1,50	1,95	2,9	0,2	3,1

довольно мощный гумусово-аккумулятивный горизонт. В болотно-тундровых почвах морфология органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов, их мощность близки к таковым тундровых глеевых перегонных почв.

В болотных торфянисто-глеевых почвах процесс торфообразования имеет наибольшую интенсивность, приводя к формированию торфа, мощностью до 25 см. Отмеченные особенности гумусово-аккумулятивных и органогенных горизонтов характерны и для других провинций тундровой зоны как у нас в стране, так и в зарубежной Арктике. Отторфованность, грубогумусовый характер органического вещества определяются низкими темпами разложения растительных остатков, их преимущественно поверхностным поступлением на почву, сравнительно невысокой зольностью тундровых растений, преобладанием в фитомассе таких трудно разлагаемых растений, как мхи и т.д.

Характерной особенностью тундровых глеевых почв является также пропитанность гумусом всей оглеенной части профиля. Это явление было отмечено в многочисленных работах И.В. Игнатенко

Таблица 58

Фракционный состав гумуса почв Таймыра* (Гришина, Решетников, 1976;

Раз-рез	Почва	Горизонт	Глубина, см	С _{общий} , %	С спирто-бензольной вытяжки	С гуминовых	
						I	II
251	Тундровая гумусная глееватая Пятно	A0/A1	0-5	2,16	$\frac{0,09}{4}$	$\frac{0,02}{1}$	$\frac{0,37}{17}$
		AB _g	0-25	1,12	$\frac{0,06}{5}$	$\frac{0,02}{2}$	$\frac{0,34}{30}$
		C _{мерзл}	100-110	0,93	$\frac{0,08}{8}$	$\frac{0,02}{2}$	$\frac{0,19}{20}$
731	Тундровая глеевая типичная	A0/A1	0-3	3,63	$\frac{0,10}{3}$	$\frac{0,09}{2}$	$\frac{0,27}{8}$
		B _g	3-10	1,22	$\frac{0,09}{7}$	$\frac{0,08}{6}$	$\frac{0,16}{13}$
732	Тундровая глеевая перегибная	A0/A1	0-5	8,92	$\frac{0,41}{5}$	$\frac{0,23}{2}$	$\frac{0,24}{3}$
		A1	5-10	4,93	$\frac{0,22}{4}$	$\frac{0,50}{10}$	$\frac{0,63}{13}$
258	Тундровая глеевая перегибная	A1	10-20	2,51	$\frac{0,18}{7}$	$\frac{0,03}{1}$	$\frac{0,21}{9}$
		B _{2g}	30-40	0,64	$\frac{0,10}{16}$	$\frac{0,02}{3}$	$\frac{0,10}{16}$
		C _{мерзл}	140-150	0,82	$\frac{0,06}{7}$	$\frac{0,05}{6}$	$\frac{0,14}{17}$
733	Болотная торфянисто-глеевая	O3	0-10	5,41	$\frac{0,29}{5}$	$\frac{0,80}{15}$	$\frac{0,19}{3}$
260	Пойменная дерновая	A1	0-12	1,57	$\frac{0,07}{4}$	$\frac{0,06}{4}$	$\frac{0,27}{17}$
261	Пойменная дерново-глеевая	A1	0-15	1,58	$\frac{0,10}{6}$	$\frac{0,05}{3}$	$\frac{0,35}{22}$
		G1	15-25	1,76	$\frac{0,22}{12}$	$\frac{0,03}{2}$	$\frac{0,30}{17}$
		C _g	25-54	0,62	$\frac{0,05}{9}$	$\frac{0,02}{3}$	$\frac{0,24}{40}$

* В числителе - С фракций в % к абсолютно сухой почве, в знаменателе - С фракций в % к общему С в почве.

(1971, 1978 и др.), Н.А. Караваевой (1960) и других исследователей тундровых почв. В глеевых горизонтах суглинистых почв Таймыра содержание гумуса составляет в среднем 2,3-2,7%. Можно назвать несколько процессов и источников накопления гумуса в глеевой толще тундровых почв. Это, во-первых, процесс мерзлотной ретинизации гумуса (Караваева, Таргульян, 1969), включающий в себя миграцию подвижных гумусовых соединений к холодному фронту многолетней мерзлоты (с опускающейся намерзлото-верховод-

Гришина, Вирченко, 1973)

кислот		С фульвокислот					С негидролизуемого остатка	$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$
III	сумма	Ia	I	II	III	сумма		
$\frac{0,08}{4}$	$\frac{0,47}{22}$	$\frac{0,01}{0,5}$	$\frac{0,03}{1}$	$\frac{0,48}{22}$	$\frac{0,20}{10}$	$\frac{0,72}{34}$	$\frac{0,88}{40}$	0,6
$\frac{0,06}{5}$	$\frac{0,42}{37}$	Сл.	$\frac{0,01}{1}$	$\frac{0,18}{16}$	$\frac{0,10}{9}$	$\frac{0,29}{26}$	$\frac{0,35}{32}$	1,4
$\frac{0,04}{4}$	$\frac{0,25}{26}$	"	$\frac{0,01}{1}$	$\frac{0,18}{19}$	$\frac{0,05}{5}$	$\frac{0,24}{25}$	$\frac{0,36}{41}$	1,0
$\frac{0,24}{7}$	$\frac{0,60}{17}$	$\frac{0,01}{0,3}$	$\frac{0,52}{14}$	Сл.	$\frac{0,14}{4}$	$\frac{0,67}{18}$	$\frac{2,26}{62}$	1,0
$\frac{0,10}{8}$	$\frac{0,34}{27}$	$\frac{0,06}{5}$	$\frac{0,16}{12}$	$\frac{0,06}{5}$	$\frac{0,08}{6}$	$\frac{0,35}{28}$	$\frac{0,44}{38}$	1,0
$\frac{0,73}{8}$	$\frac{1,20}{13}$	$\frac{0,08}{1}$	$\frac{2,73}{30}$	Сл.	$\frac{0,43}{5}$	$\frac{3,24}{36}$	$\frac{4,07}{46}$	0,4
$\frac{0,37}{7}$	$\frac{1,50}{30}$	$\frac{0,03}{0,6}$	$\frac{1,36}{28}$	"	$\frac{0,18}{4}$	$\frac{1,57}{32}$	$\frac{1,64}{34}$	1,0
$\frac{0,07}{3}$	$\frac{0,31}{13}$	Сл.	$\frac{0,05}{2}$	$\frac{0,33}{13}$	$\frac{0,08}{3}$	$\frac{0,46}{18}$	$\frac{1,56}{62}$	0,7
$\frac{0,04}{6}$	$\frac{0,16}{25}$	$\frac{0,06}{9}$	$\frac{0,04}{6}$	$\frac{0,21}{33}$	$\frac{0,06}{19}$	$\frac{0,37}{57}$	$\frac{0,01}{2}$	0,4
$\frac{0,02}{2}$	$\frac{0,21}{25}$	Сл.	$\frac{0,02}{2}$	$\frac{0,26}{32}$	$\frac{0,13}{16}$	$\frac{0,41}{50}$	$\frac{0,14}{18}$	0,5
$\frac{0,30}{5}$	$\frac{1,29}{13}$	$\frac{0,07}{1}$	$\frac{1,14}{21}$	Сл.	$\frac{0,18}{3}$	$\frac{1,39}{25}$	$\frac{2,44}{47}$	0,9
$\frac{0,02}{1}$	$\frac{0,35}{22}$	Нет	$\frac{0,08}{5}$	$\frac{0,45}{29}$	$\frac{0,14}{9}$	$\frac{0,67}{43}$	$\frac{0,48}{31}$	0,5
$\frac{0,04}{2}$	$\frac{0,44}{27}$	$\frac{0,10}{5}$	$\frac{0,04}{2}$	$\frac{0,25}{16}$	$\frac{0,12}{8}$	$\frac{0,51}{21}$	$\frac{0,53}{36}$	0,9
$\frac{0,02}{1}$	$\frac{0,35}{20}$	$\frac{0,02}{1}$	$\frac{0,07}{3}$	$\frac{0,40}{23}$	$\frac{0,18}{10}$	$\frac{0,67}{37}$	$\frac{0,52}{31}$	0,5
$\frac{0,04}{6}$	$\frac{0,30}{49}$	Сл.	$\frac{0,03}{5}$	$\frac{0,14}{22}$	$\frac{0,10}{16}$	$\frac{0,27}{43}$	Нет	1,1

кой, с нисходящими токами атмосферных осадков), механическую задержку гумусовых соединений над мерзлотным водоупором и постепенное накопление (консервация) гумусовых веществ в глеевой толще в связи с замедленностью их разложения.

Вторым существенным источником внутрпочвенного гумусонакопления может служить образование гумуса in situ из корневого опада (Игнатенко, 1971, 1972 и др.). Обогащение деятельного слоя почв органическим веществом может происходить также в ре-

зультате постепенного погребения органогенных горизонтов при процессах криогенного массообмена. Этому источнику органического вещества почвы особенное внимание уделено в работах американских почвоведов (Brown, 1969a, b). Определение органического углерода в морских суглинистых отложениях, являющихся почвообразующими породами для многих почв Таймыра, дает нам основание считать, что унаследованность от породы также может быть источником гумуса в глеевой толще. В морских суглинках и глинах количество гумуса колеблется от 1 до 2%.

Сопоставление данных по массе корней, процентному содержанию и запасам гумуса (табл. 57) позволило нам прийти к следующим выводам. Во-первых, запасы гумуса в глеевых горизонтах определяются не столько количеством корней, сколько интенсивностью процессов разложения органического вещества. Количество корней вниз по профилю уменьшается довольно существенно, а запас гумуса при этом может даже возрастать. Уменьшение скорости разложения с глубиной способствует лучшей консервации и постепенному накоплению органических веществ специфической природы. Далее, наиболее отчетливое надмерзлотное накопление гумуса (ретинизация) наблюдается в почвах пятен. Хотя можно предположить, что уменьшение запасов гумуса в верхних горизонтах почв пятен может быть следствием лучших условий разложения (большая порозность, лучшая аэрация, большая численность беспозвоночных и микроорганизмов). При этом происходит относительное накопление гумуса в нижней части профиля. В тундровых глеевых почвах надмерзлотное накопление затушевывается процессами постепенного пропитывания подвижным органогенным веществом толщи почвы сверху, из органогенных горизонтов.

Фракционный и качественный состав гумуса почв Таймыра детально изучен Л.А. Гришиной и ее сотрудниками (Гришина, 1970, 1971, 1974, 1976; Гришина, Вирченко, 1973; Гришина, Тодорова, 1969, 1970; Гришина, Решетников, 1976). Большой материал по качественному составу гумуса почв Ары-Маса получен И.В. Игнатенко (1978). Органическое вещество тундровых почв богато неспецифическими веществами (табл. 58). В тундрах стационара "Агана" они составляют 40–80% от общего количества органических веществ почв. Определение степени гумификации органического вещества методом Шпрингера показало, что ее величины неодинаковы в различных типах почв. В пятнистой тундре в тундровых гумусных глееватых почвах степень гумификации органического вещества около 20%, в почвах пятен – около 60%. В пойменных торфянисто-железисто-глеевых почвах степень гумификации достигает лишь 25%, а в слаборазвитых дерновых почвах приуроченных возрастает до 60%. В почвах окрестностей р. Тарей доля неспецифических веществ меньше (3–11%).

Среди неспецифических органических веществ тундровых почв значительную часть составляют воска и смолы. Наиболее часто они составляют 5–15% от общего органического вещества, но в отдельных случаях их содержание достигает 30% и более. Накопление

неспецифических органических веществ, в том числе и битумов, обусловлено биохимическими особенностями растительных остатков, низкой биологической активностью исследуемых почв, малой интенсивностью процессов минерализации. При увеличении доли злаков и разнотравья в растительном покрове и уменьшении доли мхов и кустарников количество битумов в составе органического вещества исследуемых почв уменьшается (Гришина, Тодорова, 1970).

Гумус изученных почв гуматно-фульватного типа (за исключением почв пятен). В составе специфических органических веществ фульвокислоты преобладают над гуминовыми кислотами. Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот в верхних горизонтах варьирует от 0,2 до 0,9. У фронта вечной мерзлоты наблюдается накопление гуминовых кислот и отношение $C_{гк}:C_{фк}$ возрастает до 1. Увеличение отношения $C_{гк}:C_{фк}$ в почвах пятен и в глеевых горизонтах тундровых глеевых почв может быть связано, как это отмечает И.В. Игнатенко для Восточного Таймыра, с процессами конденсации и денатурации перегнойных кислот при промораживании (Игнатенко, 1967; Арчегова, 1967; Дадков, 1976).

Для косвенной характеристики сложности строения гуминовых и фульвокислот тундровых почв в вытяжках и растворах, полученных при анализе группового и фракционного состава гумуса, были измерены оптические плотности и сняты спектры поглощения с помощью спектрофотометра СФ-10. Оптическая плотность как гуминовых, так и фульвокислот низка. E -величины для растворов гуматов натрия при длине волны 465 нм и концентрации 0,001% изменяются в пределах 0,039–0,044, а для фульватов натрия в тех же условиях – в пределах 0,026–0,033. Это наиболее низкие показатели коэффициента погашения по сравнению с другими типами почв.

Определение элементного состава препаратов гуминовых и фульвокислот ряда почв подтвердило их упрощенное строение по сравнению с гуминовыми и фульвокислотами других типов почв. Углерод гуминовых кислот составляет 50–54 вес.%, углерод фульвокислот – 39–45%. Полученные сведения подтверждают более сложное строение гуминовых кислот по сравнению с фульвокислотами и более примитивное строение молекул гумусовых кислот тундровых почв по сравнению с почвами других природных зон. Упрощенное строение гуминовых кислот тундровой зоны ("прогумусовые" вещества) по сравнению с гуминовыми кислотами подзолистых почв было отмечено в образцах из Восточно-Европейской тундры И.В. Игнатенко (1963) и В.В. Пономаревой (1964).

В гуминовых кислотах, как правило, преобладает II фракция (гуминовые кислоты, связанные с кальцием). В тундровых глеевых типичных почвах и почвах пятен она составляет 45–55%, в тундровых глеевых перегнойных почвах доля этой фракции снижается до 18–50%, в болотных почвах – до 13–42%. В тундрах стационара "Агана" более существенна доля I фракции гуминовых кислот. Среди фульвокислот преобладает I фракция (50–80% от суммы). Это относится ко всем изученным почвам. Фульвокислоты, прочно свя-

занные полуторными окислами и глинистыми минералами (III фракция), выделяются во всех типах почв и составляют 4-6% от общего углерода. Наименьшая фракция фульвокислот - II; фульвокислоты Ia фракции тоже составляют сравнительно небольшую часть.

Преобладание гуминовых кислот, связанных с кальцием, является специфической особенностью органического вещества почв Таймыра. Как правило, в тундровых почвах преобладает фракция, связанная с минеральными коллоидами и полуторными окислами (Караваева, 1969; Арчегова, 1970; Игнатенко, 1979). Эта особенность связана с уже отмеченной нами обогащенностью растительного опада щелочными и щелочноземельными элементами и грубогумусным характером органического вещества почвы. Низкое содержание подвижных и агрессивных фракций перегнойных кислот свидетельствует о их сравнительно слабом участии в процессах метаморфизма минеральной части профиля почв, что находит отражение в слабой интенсивности внутрипочвенного выветривания, в отсутствии элювиально-иллювиальной дифференциации профиля.

Общее содержание азота в почвах стационара "Агапа" сравнительно невелико (0,05-0,4%) и коррелирует с содержанием гумуса. Отношение углерода к азоту очень широкое (от 15 до 40), что также подтверждает неполную гумификацию растительных остатков. В оторфованных горизонтах отношение углерода к азоту возрастает до 40-60. Это отношение уменьшается с глубиной и наименьшие значения имеет в надмерзлотном горизонте. В препаратах гуминовых и фульвокислот отношение углерода к азоту сужается до 10-16, причем фульвокислоты содержат относительно больше азота, чем гуминовые кислоты. Можно предполагать, что легкоподвижные фульвокислоты служат основным азотным питанием для микроорганизмов и первым резервом доступного азота для высших растений.

Для обобщенной характеристики органического вещества и установления диагностических признаков почв была определена совокупность показателей гумусного состояния наиболее изученных почв Таймыра. При этом нами была использована система показателей, предложенная Л.А. Гришиной и Д.С. Орловым (1978). Результаты представлены в табл. 59.

Данные таблицы позволяют более четко сформулировать некоторые общие особенности органического вещества почв тундр Таймыра, а также дают возможность выявить его специфику, связанную с условиями почвообразования на Таймыре, и различия в гумусном состоянии различных типов и подтипов почв. К особенностям, характерным для тундрового почвообразования вообще, можно отнести довольно высокое содержание гумуса в верхней части профиля почв и резко убывающий тип его профильного распределения. В связи с этим запасы собственно гумуса (не считая углерода, заключенного в подстилке и торфе), достаточно низкие. Следует также отметить низкую обогащенность азотом, слабую степень гумификации органического вещества, небольшое содержание свободных гуминовых кислот, их очень низкую оптическую плотность, среднее или боль-

Таблица 59

Гумусное состояние некоторых типов почв Таймыра

Показатель гумусного состояния почв	Тундровые почвы			Почвы пятен	Болотные торфянисто-глеевые почвы	Тундровые дерновые почвы
	гумусные глееватые	глеевые типичные	глеевые перегнойные			
Содержание гумуса в верхнем горизонте почв, %	Среднее (4-6)	Среднее (4-6)	Высокое (6-10)	Низкое (2-4)	Высокое (6-10)	Высокое (6-10)
Запас гумуса в слое 20 см, т/га	Низкий (50-100)	Низкий (50-100)	Средний (100-150)	Низкий (50-100)	-	Низкий (50-100)
Профильное распределение	Резко убывающее	Резко убывающее	Резко убывающее	Нарастающее с глубиной	Резко убывающее	Резко убывающее
Обогащенность азотом (С:N)	Очень низкая (>14)	Очень низкая (>14)	Очень низкая (>14)	Низкая (11-14)	Очень низкая (>14)	Очень низкая (>14)
Степень гумификации органического вещества, $\frac{C_{гк}}{C_{гк}} \cdot 100\%$	Средняя (20-30)	Очень слабая (<10)	Очень слабая (<10)	Высокая (30-40)	Очень слабая (<10)	Средняя (20-30)
Собщ						
Тип гумуса, $C_{гк}:C_{фк}$	Гуматно-фульватный (1-0,5)	Гуматно-фульватный (1-0,5)	Гуматно-фульватный (1-0,5)	Фульватно-гуматный (2-1)	Гуматно-фульватный (1-0,5)	Гуматно-фульватный (1-0,5)
Содержание "свободных" гуминовых кислот, % к сумме ГК	Очень низкое (<20)	Очень низкое (<20)	Низкое (20-40)	Низкое (20-40)	Высокое (60-80)	Среднее (40-60)
Содержание гуминовых кислот, связанных с Са, % к сумме ГК	Высокое (60-80)	Среднее (40-60)	Низкое (20-40)	Высокое (60-80)	Очень низкое (<20)	Очень низкое (<20)
Содержание прочносвязанных гуминовых кислот, % к сумме ГК	Среднее (10-20)	Высокое (>20)	Высокое (>20)	Среднее (10-20)	Высокое (>20)	Высокое (>20)
Содержание негидролизующего остатка, % к Собщ	Среднее (40-60)	Среднее (40-60)	Среднее (40-60)	Низкое (20-40)	Среднее (40-60)	Низкое (20-40)
Оптическая плотность гуминовой кислоты, $E_{465}^{0,001\%гк}$						
				Очень низкая (<0,04)		

шое содержание прочносвязанных гуминовых кислот, среднее содержание негидролиземого остатка.

Особенностью гумусного состояния тундровых глеевых почв и почв пятен Таймыра является высокое или среднее содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, и гуматно-фульватный (а не чисто фульватный) тип гумуса. Эти особенности органического вещества почв Таймыра связаны со сравнительно благоприятным зольным составом растений (обогаченность кальцием, магнием, калием), с насыщенностью поглощающего комплекса почв основаниями, большой емкостью поглощения почв, обусловленной монтмориллонитовым составом илстой фракции.

Мы уже не раз отмечали, что по морфологии, химическим свойствам и режимам почвы пятен существенно отличаются от окружающих их тундровых глеевых почв, что дало нам основание выделить их на типовом уровне (Васильевская, 1979). Показатели гумусного состояния почв пятен еще раз подчеркивают их специфику. В связи с отсутствием гумусово-аккумулятивного горизонта в почвах пятен (в их верхнем глеевом горизонте) содержание гумуса ниже, чем в других типах, и профилное распределение имеет совершенно иной характер — нарастающее с глубиной, а не резко убывающее, как в других типах. Однако в связи с большим объемным весом почв пятен запас гумуса даже в верхних 20 см не очень существенно уступает запасу тундровых глеевых почв (типичных и гумусных), составляя примерно 70 т/га.

В отличие от тундровых глеевых и особенно болотных почв почвы пятен имеют высокую степень гумификации органического вещества, обусловленную преимущественным образованием гумуса из высокозольного корневого опада, в тесном контакте с минеральной частью, при благоприятном летнем тепловом режиме, обуславливающим сравнительно высокую численность беспозвоночных и бактерий. В связи с этим только в почвах пятен на Таймыре наблюдается фульватно-гуматный тип гумуса с высоким содержанием гуминовых кислот, связанных с кальцием, и небольшой долей негидролиземого остатка. Для почв пятен характерно более узкое отношение C:N (12), нежели для тундровых глеевых почв (15–18).

Три подтипа тундровых глеевых почв, органическое вещество которых было изучено наиболее детально, сохраняя отмеченные общие особенности органического вещества тундровых почв, имеют и существенные различия в показателях гумусного состояния почв. Тундровые гумусные глееватые почвы — подтип наиболее "северный" и приуроченный к наиболее суровым местообитаниям (водораздельные пятнистые трещинно-наполюгональные тундры) — по сравнению с типичными и перегнойными почвами имеют более высокую степень гумификации органического вещества, наиболее высокое среди других подтипов содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, и наименьшее количество прочносвязанных гуминовых кислот.

Хорошая разложимость органического вещества в плакорных континентальных почвах арктических тундр была отмечена и Н.А.Ка-

раваевой (1969). Более высокую степень разложимости и гумификации органического вещества в тундровых гумусных глееватых почвах мы вслед за Н.А.Караваевой связываем с большими темпами разложения опада при меньшей увлажненности и лучшей аэрации на водоразделах в течение теплого периода, выносом опада в понижения мезо- и микрорельефа, с относительно меньшим участием мхов в растительном покрове и большим — осок и кустарничков. Как и в почвах пятен, большую роль в почвах арктических тундр играет образование гумуса из корневого опада.

Тундровые глеевые перегнойные почвы по отношению к типичным занимают уже крайнюю "южную позицию" (в основном террасы рек). Большая интенсивность прироста биомассы в связи с более благоприятным мезоклиматом способствует более высокому содержанию гумуса в почвах и большим его запасам. Разложение растительных остатков в условиях увлажнения ведет к очень слабой степени гумификации органического вещества. Тундровые глеевые перегнойные почвы характеризуются двучленностью профиля при более легком по механическому составу верхнем горизонте, по которому идет интенсивное горизонтальное надмерзлотное элювирувание. Быстрый вынос оснований, освобождающихся при разложении растительных остатков, ведет к тому, что доля гуминовых кислот, связанных с кальцием, в этом подтипе тундровых глеевых почв наименьшая, но заметно возрастает содержание свободных гуминовых кислот. Эти наиболее агрессивные кислоты в свою очередь способствуют выщелоченности органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов тундровых глеевых перегнойных почв.

Дерновые почвы, формирующиеся на Таймыре на песчаных и супесчаных почвообразующих породах, существенно отличаются по показателям гумусного состояния от других типов. В результате своеобразного дернового процесса в этих почвах из корневого опада образуются довольно значительные количества гумуса (7–8%). Таких ЭПП, как торфообразование и подстилкообразование, нет в этих почвах. Почвы эти характеризуются средней степенью гумификации органического вещества и низким содержанием негидролиземого остатка. Быстрый вынос кальция из разлагающихся растительных остатков в этих хорошо дренируемых почвах обуславливает довольно высокое содержание свободных гуминовых кислот и соответственно низкое содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием. Гумус этих почв из всех исследованных типов и подтипов (за исключением болотных) характеризуется наибольшей подвижностью, что ведет к слабой выраженности гумусово-иллювиальных горизонтов в некоторых разностях почв.

Органическое вещество болотных торфянисто-глеевых почв характеризуется наиболее низкой степенью гумификации органического вещества, наиболее широким отношением C:N (в среднем 30), наиболее высоким содержанием свободных гуминовых кислот и очень небольшим содержанием гуминовых кислот, связанных с кальцием. Агрессивность гумуса и восстановительные условия способствуют активной миграции железа в болотных ландшафтах.

ПРОБЛЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУНДР
СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Сельское и промысловое хозяйство Севера включает в себя комплекс отраслей (Тюрденев, Андреев, 1968): оленеводство, промыслово-охотничье хозяйство, звероводство, рыболовный и зверобойный промысел, животноводство и растениеводство (главным образом овощеводство). С точки зрения наиболее рационального использования земельных ресурсов особый интерес представляет развитие оленеводства, охотничьего хозяйства, животноводства и растениеводства.

Развитие северного оленеводства — это не только экономическая, но и социально-политическая задача, так как оленеводством занимается более 20 малых северных народов (Сыроечковский, 1975), в том числе и коренное население Таймыра — нганасаны и долганы (Мичурин, 1967).

Северный олень осваивает в тундре, лесотундре и северной тайге те растительные ресурсы, которые почти не используются другими копытными. При отсутствии северных оленей в природе пустует емкая экологическая ниша, замедляется биологический круговорот и первичная продукция используется без ощутимой пользы для человека.

Особенно большое внимание в перспективе хозяйственного освоения Арктики и Субарктики следует уделить увеличению численности дикого северного оленя, так как дикие олени более рационально, чем домашние, используют пастбища, а вся система хозяйственного использования дикого оленя требует значительно меньших капиталовложений и людских ресурсов (Мичурин, Мироненко, 1964; Сыроечковский, 1975; Якушкин и др., 1975).

В настоящее время Таймырская популяция дикого оленя характеризуется наибольшей численностью (360–370 тыс.). С учетом имеющихся растительных ресурсов численность может быть еще увеличена (Сыроечковский, 1975).

В качестве примера возможностей хозяйственного использования дикого оленя можно привести следующие данные. Прирост таймырского стада составляет примерно 10% за год; следовательно, ежегодно на Таймыре можно отстреливать 30–40 тыс. голов (Павлов и др., 1975). При среднем весе животных около 100 кг это могло бы дать для населения Норильска и других крупных промышленных центров севера Красноярского края 30–40 тыс. ц. мяса высокого качества. Для промысла дикого оленя необходимо созда-

ние сети госпромхозов с комплексным использованием и других природных ресурсов (рыболовство, пушной промысел, звероводство). Дикий северный олень может служить также и прекрасным объектом спортивной охоты.

Популяции дикого северного оленя имеют не только хозяйственную, но и общекультурную ценность. Так, таймырское стадо как уникальный природный объект является национальной естественно-исторической ценностью и не уступает популяциям крупных животных Африки, охраняемых в национальных парках. Для его рационального использования и охраны необходимо создание заповедников на Таймыре и в северной части Эвенкии.

В связи с потенциальными возможностями увеличения поголовья оленей (как домашних, так и диких) встает проблема бережного отношения к сохранению естественных пастбищ (Андреев, 1968). К пастбищам в тундре и северной тайге должно быть такое же бережное отношение, как к земельным и лесным ресурсам.

Охотничье хозяйство в районах Севера — не только традиционная, но и перспективная отрасль рационального использования имеющихся в Арктике и Субарктике природных ресурсов. Кроме отстрела дикого северного оленя, наибольшее значение имеет пушной промысел. В настоящее время тундровые угодья используются в промысловом отношении не более чем наполовину (Скрябов, 1968). Среди используемых угодий на Таймыре есть и весьма высокопродуктивные, в частности по запасам песка (Якушкин, 1967).

В освоении природных богатств Арктики и Субарктики большое значение имеет развитие животноводства, которое необходимо для регулярного снабжения населения этих природных зон цельным молоком, свежим мясом и яйцами. В настоящее время существуют крупные очаги животноводства в Мурманской области, северных районах Коми АССР, на севере Тюменской области и Красноярского края, в промышленных районах Якутской АССР, Магаданской, Камчатской и Сахалинской областей (Трусов и др., 1968). На Таймыре животноводство сосредоточено в лесотундре, главным образом в окрестностях Норильска.

Основой развития животноводства в суровых условиях Крайнего Севера является кормовая база. Кроме необходимого набора концентратов из привозных кормов она должна включать в себя долготелые культурные и улучшенные естественные пастбища, лугопастбищные севообороты, зеленый конвейер. В совхозах и подсобных хозяйствах Таймыра пока преобладают привозные корма. Основным источником получения грубых, сочных и пастбищных кормов являются пойменные угодья. На естественных пойменных лугах собирают 20–30 ц/га сена высокого качества (Савкина, 1968). Резерв кормопроизводства на Севере за счет естественных лугов чрезвычайно велик. Для Таймырского автономного округа сенозаготовительные базы могут быть созданы в пойме Енисея.

Кроме пойменных лугов, большие резервы естественных кормов даже в тундровой зоне есть в обширных озерных котловинах, на

приморских низменностях, в луговинах, на южных склонах небольших возвышенностей и др. Урожайность сена таких угодий от 3 до 10 ц/га даже без дополнительного улучшения лугов. Систематическая подкормка лугов минеральными и органическими удобрениями обеспечивает получение не менее 20–25 ц/га сена даже на низкопродуктивных природных травостоях (Савкина, 1968). Однако в тундрах Средней Сибири площадь всех перечисленных угодий ничтожна.

Освоение и окультуривание земель под полевые, кормовые культуры в Арктике и Субарктике связаны с большими затратами. Так, стоимость освоения 1 га закустаренных тундр в воркутинских совхозах составляет 300–500 руб., в Норильском совхозе – 800–1200 руб. В то же время применение удобрений и гербицидов позволяет со значительно меньшими затратами (100–145 руб/га) создавать кормовую базу на естественных травостоях как в северной части таежной зоны, так и в лесотундре и тундре (Савкина, 1968).

В тех районах Севера, где ощущается недостаток естественных луговых угодий, большую роль может сыграть возделывание многолетних трав. Травы на Крайнем Севере способны при благоприятных условиях агротехники давать урожай сена от 20 до 60 ц/га. Кроме трав, наиболее распространенной в настоящее время кормовой культурой является овес (70–150 ц/га). Перспективные культуры также ячмень, озимая рожь, некоторые кормовые корнеплоды и клубнеплоды.

Методики залужения мерзлотных почв Арктики и Субарктики разработаны достаточно хорошо (Ивановский, 1968). В лесотундре и северной тайге наиболее перспективны для освоения пойменные участки, низинные торфяники, территории с дерновыми почвами относительно легкого механического состава. Хорошим примером создания высокопродуктивных травостоев в тундровой зоне могут служить естественные луговины на зоогенных образованиях (песчаные норвища, кормовые столики хищных птиц и т.д.). На песчаных и супесчаных почвах при дополнительном поступлении фосфора и азота с экскрементами, трупами животных, погадками, снижении уровня мерзлоты за счет рыхления животными происходит смена моховых тундр злаково-разнотравными высокопродуктивными группировками с дерновыми, относительно хорошо прогумусированными почвами.

Важной отраслью сельского хозяйства в районах Арктики и Субарктики является овощеводство, развитие которого необходимо для создания полноценного питания местного населения. В 1966 г. под картофелем и овощами на территории округа было занято всего 72 га (Берсон и др., 1968). В перспективе территория под этими культурами должна значительно возрасти. При правильном ведении дела в передовых колхозах и совхозах, на опытных станциях получают урожай картофеля по 250–300 ц/га, капусты – 400–600, других овощных культур – 200–300 ц/га. Средний урожай в округе в 50–60-х годах составил для картофеля 68 ц/га, для овощей – 110 ц/га (Берсон и др., 1968).

Получению на Крайнем Севере высоких и устойчивых урожаев овощных культур способствует ряд природных условий: богатство дневного света более активными длинноволновыми, оранжево-красными лучами, обилие рассеянного света, кроглослучность или большая продолжительность освещения в первую половину лета, высокая прозрачность воздуха и некоторые другие факторы. Под их влиянием усиливается интенсивность процессов фотосинтеза, некоторых ферментативных процессов, что приводит к быстрому нарастанию вегетативной массы (Берсон и др., 1968). В лесотундре, например, суточный прирост урожая картофеля может достигать 2–10 ц/га, капусты – 5–11 ц/га, что гораздо выше, чем в средней полосе.

Отрицательными природными факторами, снижающими урожай, являются недостаток тепла, а иногда и влаги в почве, недостаток элементов минерального питания растений, высокая кислотность и оглеенность почв. Влияние этих отрицательных факторов может быть ослаблено применением для наиболее ценных культур искусственного обогрева почвы и приземного слоя воздуха, орошения дождеванием, а главное, применением удобрений и известкованием для всех культур. В отличие от других территорий тундры на Таймьре почвы слабокислые и в меньшей степени нуждаются в известковании.

Применение удобрений на Крайнем Севере имеет ряд особенностей. Снижение температуры почвы ведет к ослаблению поглощения азота и особенно фосфора растениями. Так называемая северная доза удобрений требует такого соотношения основных компонентов: на 1 дозу азота – 2–3 дозы фосфора и 1,5 дозы калия (Коровин и др., 1961). При этом на холодных почвах растения лучше усваивают аммиачные формы азота, нежели нитратные (Коровин, 1969). Естественно, что это соотношение, а также и доза удобрений требуют уточнения по провинциям, зонам, подзонам Арктики и Субарктики, но средними дозами можно считать такие: аммиачной селитры – 1,5–1 ц/га, суперфосфата – 3–4, хлористого калия – 1–1,5; всего около 5–8 ц/га.

Весьма эффективно применение на мерзлотных почвах Севера бактериальных удобрений, приготовленных на основе местных холодоустойчивых штаммов микроорганизмов. Кроме развития парникового и тепличного хозяйства, большие перспективы в северных районах, особенно вблизи крупных промышленных предприятий, имеет выращивание овощей в обогреваемом открытом грунте.

В настоящее время есть уже много данных, свидетельствующих о благоприятных изменениях в свойствах мерзлотных почв, наступающих при их правильном освоении. Так, на многолетних сеяных лугах в восточноевропейской лесотундре наблюдается не только увеличение продуктивности, но и интенсивное развитие дернового процесса, накопление в почве обменных оснований и элементов питания растений, снижение кислотности почв, увеличение соотношения между гуминовыми и фульвокислотами от 0,2–0,5 до 1,4–1,5 и т.д. (Арчегова, Антонов, 1975; Арчегова и др., 1975). В тундровых почвах п-ова Ямал после освоения резко повысилась микробиологи-

ческая активность: численность бактерий возросла в десятки раз, актиномицетов – в сотни раз, почвенных грибов – в несколько раз. При этом почти на 1 м увеличилась глубина сезонного протаивания почв (Гордиенко, Блоха, 1975).

Таким образом, основная часть земельного фонда тундры и лесотундры в перспективе должна использоваться как естественные кормовые угодья для дикого и домашнего оленя и других промысловых зверей и птиц, как база развития охотничьего и промышленного хозяйства. Однако в лесотундре, особенно в окрестностях Норильска, Дудинки и других населенных пунктов, есть большие резервы для создания хорошей кормовой базы на основе естественных лугов и искусственного залужения тундры. Для развития земледелия необходимо проведение комплекса мероприятий, направленных на улучшение биохимических, агрохимических и агрофизических свойств почв.

Улучшение теплового и водного режима почв, снижение интенсивности восстановительных процессов, увеличение скорости и емкости биологического круговорота, интенсификация деятельности микрофлоры и фауны почв, изменение группового и фракционного состава органического вещества тундровых и лесотундровых почв – таковы некоторые направления воздействия на природные почвообразовательные процессы, необходимые для развития земледелия.

Проведенные в тундрах Средней Сибири (главным образом на п-ове Таймыр) региональные и стационарные многолетние почвенные исследования позволили установить ряд особенностей тундрового глеевого почвообразования, определить его специфику в тундрах Таймыра.

Климатические условия полуострова характеризуются чрезвычайной суровостью и континентальностью (среднегодовая температура с севера на юг увеличивается от $-14,5^{\circ}$ до $-10,2^{\circ}$, температура июля колеблется от $1,5^{\circ}$ до $13,4^{\circ}$, января – от $-28,0^{\circ}$ до $-33,8^{\circ}$). Суровые климатические условия способствуют повсеместному сохранению многолетнемерзлых пород и обуславливают слабое сезонное оттаивание почв. Широко развиты процессы криогенного массо- и влагообмена, мерзлотные формы микро- и нанорельефа.

Наличие мерзлотного водоупора и слабое испарение приводят к повсеместному развитию в почвах оглеения (за исключением почв с хорошим внутренним дренажем). Сравнительно теплое лето благоприятно для жизнедеятельности почвенной микрофлоры и большого числа групп почвенных беспозвоночных, что в свою очередь способствует разложению растительных остатков, их гумификации и препятствует торфонакоплению.

Наблюдаемые мезо-, микро- и наноклиматические различия, связанные с перераспределением солнечной энергии, изменениями скорости ветра, мощностью снегового покрова и т.д., создают существенно различные условия почвообразования по разным формам рельефа (в том числе микро- и нанорельефа). Это приводит к проявлению высотной поясности почвенного покрова даже при небольших превышениях высот и к контрастности его по элементам почвенно-мерзлотных комплексов.

Основную часть полуострова занимают горы Бырранга и расположенная южнее Северо-Сибирская (Таймырская) низменность. С юга Таймырская низменность ограничивается наиболее возвышенной частью Среднесибирского плоскогорья – плато Путорана. В пределах Таймырской низменности на водораздельных участках почвообразующими породами, как правило, являются моренные и морские тяжелые суглинки и глины, реже – легкие и средние суглинки со щебнем, часто с включениями карбонатного материала. Принос материала в пределы низменности шел в основном с базальтового плато Путорана и с гор Бырранга, поэтому четвертичные отложения обо-

гашены минералами тяжелой фракции, в частности пироксенами; в валунах, в крупнопесчаной и обломочной фракциях преобладают породы трапповой формации.

В глинистом материале рыхлых почвообразующих пород тундр Средней Сибири преобладают минералы группы монтмориллонита (70–80%), что в значительной мере обусловлено поступлением их с твердым стоком с плато Путорана. Особенности вещественного состава почвообразующих пород объясняют и специфику их гранулометрии: высокое содержание ила, сравнительно низкое (для криопелитов) содержание крупной пыли. Источником ила служат как смектитовый компонент и продукты выветривания траппов, поступающих с плато Путорана, так и легко выветривающиеся минералы крупной фракции типа пироксенов, основных плагиоклазов, которые при криоэлювиальных процессах легко дробятся до ила и мелкой пыли.

Преобладание траппов в составе обломочного и песчаного материала обеспечивает присутствие в почвообразующих породах и формирующихся на них почвах большого количества богатых основаниями легковыветривающихся минералов. Доминирование в глинистом материале минералов группы монтмориллонита способствует высокой емкости поглощения почв, насыщенности поглощающего комплекса основаниями. Многочисленные выходы карбонатных пород обуславливают высокий уровень карбонатности четвертичных отложений.

Суглинистые и глинистые породы и наличие многолетней мерзлоты (наряду со слабым испарением) определяют повсеместное развитие оглеенных почв. Однако интенсивная расчлененность рельефа речной сетью, наличие в рельефе многочисленных холмов и гряд разного генезиса создают условия для бокового оттока верховодки и в ряде случаев для ослабления глеевых процессов. Для формирования и преимущественного распространения болотных почв условия создаются лишь на слаборасчлененных террасах рек и в обширных депрессиях ледникового и термокарстового происхождения или в долинах реликтовых рек. Легкие по механическому составу отложения в пределах Таймырской низменности встречаются на ограниченных территориях, в них, как правило, существует льдистая мерзлота, являющаяся водопором. Сухая малольдистая мерзлота и хороший дренаж наблюдаются лишь на щебнистых отложениях в пределах гор Бырранга. К ним приурочены горные тундровые подбуры.

Тундровый тип растительности в Средней Сибири включает в себя полидоминантные сообщества гипоарктических, арктических и арктоальпийских кустарников, кустарничков, травянистых многолетников, мхов и лишайников (в разных сочетаниях), отличающихся мозаичностью сложения. Тундровая зона в пределах Таймыра представлена в основном двумя подзонами: арктических и типичных тундр, — граница между которыми проходит примерно по южной окраине гор Бырранга. Полоса южной кустарниковой тундры выражена менее четко. Типичные тундры занимают большую часть Таймырской низменности, среди них наиболее широко представлены пятнистые

варианты, однако бугорковатые и кочкарные тундры также занимают значительные площади.

Тундровые болота делятся на два типа: полигональные и бугристые, при этом первые преобладают как в арктической, так и в типичной тундре. К югу роль бугристых болот возрастает. С точки зрения влияния растительности на процессы почвообразования необходимо отметить четко выраженную комплексность, мозаичность растительного покрова. Важной особенностью является также значительное участие мхов в структуре болотных и тундровых фитоценозов, при этом в моховых синузиях в тундрах Средней Сибири преобладают мезоевтрофные виды.

На примере изучения тундровых биогеоценозов Таймыра выясняются различные аспекты влияния животных на почвообразование. В тундровых ландшафтах наиболее важными оказываются следующие виды механической работы животных: 1) рытье нор, вызывающее улучшение аэрации и теплового режима, условий дренажа (песцы, лемминги, полевки); 2) создание нано- и микрорельефа за счет прокладывания многочисленных троп, подснежных переходов и т.д. (олени, лемминги) и неравномерного выедания растений разных видов (гуси); 3) создание некоторыми группами беспозвоночных и леммингов агрегатной структуры почв. При общем дефиците элементов минерального питания растений, особенно азота и фосфора, в тундрах приобретает важную роль фактор удобрения локальных участков экскрементами и погадками животных. Для экскрементов характерна высокая мобильность элементов.

Обилие беспозвоночных (особенно сапрофагов и микрофитофагов) в подстилке и органических горизонтах в значительной мере определяет интенсивность разложения растительных остатков и препятствует торфонакоплению. Большая численность дождевых червей и энхитреид в минеральных горизонтах благоприятна для создания высокой порозности и снижает интенсивность оглеения. Эти же формы беспозвоночных способствуют наиболее полной гумификации растительных остатков.

Автономное почвообразование на территории равнинных тундр Средней Сибири обусловило формирование трех типов мерзлотных почв: тундровые глеевые, почвы пятен и тундровые дерновые почвы (на песчано-супесчаных почвообразующих породах). В листовичных редколесьях урочища Ары-Мас И.В. Игнатенко (1978) описал тип таежных глеево-мерзлотных почв. Тундровые глеевые почвы, формирующиеся на глинисто-суглинистых почвообразующих породах, на исследованной территории делятся на четыре подтипа: тундровые гумусные глееватые, тундровые глеевые типичные, тундровые глеевые перегнойные и тундровые глеевые торфянистые. Последний подтип изучен в меньшей степени, так как менее распространен, чем первые три.

Среди почв пятен можно выделить два подтипа — глееватые и глеевые почвы. Для тундровых дерновых, легких по механическому

Таблица 60

Элементарные почвенные процессы в почвах Таймыра

Тип	Подтип	Биогенно-аккумулятивные процессы				Процессы метаморфизации почв	
		Торфообразование	Подстилкообразование	Поверхностное накопление грубогумуса	Внутрипрофильное гумусообразование	Оглеение	Криогенное преобразование минералов
Тундровые глеевые	Тундровые гумусные глееватые	-	+	+	++	+	+
	Тундровые глеевые типичные	+	++	++	+	+++	+
	Тундровые глеевые перегнойные	++	+++	+++	+	++	+
	Тундровые глеевые торфянистые	++	++	+++	-	+++	+
	Почвы пятен	Без разделения	-	-	-	++	++
Тундровые дерновые	То же	-	-	-	+++	-	+
Болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые	Болотные	++	+++	+++	-	++	+
	Болотные торфянисто-глеевые	+++	++	++	-	++	+

Примечание. +++ - процесс интенсивный; ++ - процесс средней степени интенсивности; + - процесс слабый; тире - процесс не выражен.

составу почв подтиповое разделение не разработано, так как мы располагаем ограниченным материалом по их характеристике. Генетически подчиненными (Коссович, 1910, 1911), или "гетерономными" (Соколов, 1967, 1968), типами мерзлотных почв в тундрах Средней Сибири являются болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые почвы и болотные торфянисто- и торфяно-глеевые почвы. По условиям увлажнения болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые почвы занимают промежуточное положение между тундровыми глеевыми и болотными почвами.

Результаты анализа свойств почв (морфология, механический состав, минералогия, химико-аналитическая характеристика), некоторые виды режимных наблюдений (динамика влажности, температурный режим, динамика состава почвенных растворов, и природных вод, ОВП и подвижного железа), изучение биологического круго-

Процессы миграции и аккумуляции веществ						Криотурбации			
Горизонтальное надмерзлотное элювирование	Миграция веществ к фронту промерзания	Ретинизация гумуса	Криогенное окарбончачивание	Al-Fe-гумусовая миграция	Глеевый вынос	Морозобойное растрескивание	Пучение	Тиксотропное течение	Криогенное оструктуривание
+	++	++	+	-	-	+	-	+	+
++	++	+	-	-	-	+	++	++	+
+++	+	+	-	+	+	-	++	+++	+
++	+	+	-	-	-	-	+	++	+
-	+++	+++	+++	-	-	+++	-	++	++
-	-	+	-	++	-	++	-	-	-
++	-	-	-	+	+	-	++	-	-
-	-	-	-	-	+	-	+	-	-

рота позволили получить представление о наборе и интенсивности элементарных почвенных процессов, приводящих к генезису того или иного типа или подтипа почв (табл. 60).

Весьма существенна по роли в тундровом почвообразовании группа биогенно-аккумулятивных процессов. О их относительной интенсивности в разных типах и подтипах почв можно судить по мощности тундрового войлока, органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов и по накоплению гумуса в поверхностных или глеевых горизонтах.

По этой группе процессов выделенные типы и подтипы почв существенно различаются. В почвах пятен и особенно в тундровых дерновых почвах максимально развиты процессы внутрипрофильного гумусообразования, в основном накопление гумуса in situ из корневого опада. Эти процессы значительно слабее развиты в тундро-

Таблица 61

Аналитическая характеристика равнинных мерзлотных почв Таймыра (I - гумусово-

Почвы	Гумус, %		рН			
	I	II	I		II	
			H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl
Тундровые глееватые гумусные	5,88(13)	2,74(21)	6,7(15)	5,3(8)	7,1(23)	5,7(14)
Тундровые глеевые типичные	5,96(14)	2,30(36)	5,6(18)	4,8(8)	6,4(38)	5,4(20)
Тундровые глеевые перегнойные	7,49(30)	2,73(40)	6,0(40)	4,9(19)	6,6(40)	5,8(17)
Тундровые глеевые торфянистые	8,72(5)	2,73(4)	5,4(6)	4,7(5)	6,2(5)	5,2(2)
Почвы пятен	-	2,42(65)	-	-	6,7(71)	5,7(30)
Тундровые дерновые	7,29(17)	1,24(24)	5,9(17)	5,4(11)	6,9(26)	6,5(18)
Болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые	7,39(22)	2,80(27)	5,8(57)	5,0(36)	6,3(29)	5,7(13)
Болотные торфянисто-глеевые	6,35(9)	3,85(8)	5,4(24)	4,7(11)	5,7(8)	4,2(3)

вых глеевых почвах и практически отсутствуют в заболоченных, минеральная часть профиля которых находится постоянно в замерзшем состоянии. Наоборот, процессы торфообразования, подстилкообразования наиболее характерны для болотных, болотно-тундровых и примыкающих к ним по свойствам подтипов тундровых глеевых почв (торфянистых и перегнойных).

Из процессов метаморфизации твердой фазы почв тундр Средней Сибири наиболее характерным является процесс оглеения. Об интенсивности этого процесса можно судить по различиям в морфологическом проявлении оглеения, в содержании подвижного железа и величины ОВП. Морфологически и по результатам анализов наиболее оглеены тундровые глеевые торфянистые и типичные почвы, характеризующиеся тяжелым механическим составом. В болотных и болотно-тундровых почвах глеевые горизонты выражены не так интенсивно, так как они, как правило, имеют более легкий механический состав (двучленная порода супесь-суглинок) и постоянно отрицательные температуры в нижней части профиля.

Из группы процессов миграции и аккумуляции веществ в тундровых почвах Средней Сибири наиболее выражены следующие ЭПП:

аккумулятивные горизонты; II - минеральные; в скобках количество усредненных образцов)

Сумма поглощенных оснований		Гидролитическая кислотность		Степень насыщенности оснований, %	
мг-экв/100 г почвы					
I	II	I	II	I	II
41,9(13)	32,3(19)	3,3(11)	2,2(17)	93	94
40,1(15)	24,1(38)	7,6(14)	3,7(36)	85	87
37,1(37)	22,0(40)	10,8(30)	3,3(38)	78	87
65,7(6)	29,1(4)	14,4(5)	4,0(5)	82	88
-	30,2(70)	-	2,5(67)	-	92
20,6(15)	14,9(24)	4,9(15)	0,9(24)	81	94
34,2(54)	20,5(29)	13,8(47)	3,7(28)	71	85
20,1(18)	26,1(7)	19,3(19)	5,9(6)	51	82

процесс горизонтального надмерзлотного элювирования, миграция веществ к фронту промерзания и ретинизация гумуса. Горизонтальное надмерзлотное элювирование максимально выражено в тундровых глеевых перегнойных почвах террас, что приводит к значительной выщелоченности верхней части профиля этих почв и к слабой отбеленности в ней мелкозема. Миграция веществ к фронту промерзания, об интенсивности которой мы имели возможность судить по динамике состава почвенных растворов, наиболее активно проявляется в тундровых почвах с минимальным органомным горизонтом (тундровые глеевые типичные и тундровые гумусные глееватые) или в почвах пятен, лишенных растительного покрова. В них же наиболее заметны процессы ретинизации гумуса. Частным случаем явления миграции веществ к фронту промерзания является процесс криогенного окарбонирования, который идет только в почвах пятен и иногда слабо проявляется в тундровых гумусных глееватых почвах.

В связи с особенностями гумусного состояния почв (слабая агрессивность гумусовых кислот), слабокислой или нейтральной реакцией, наличием мерзлотного водоупора, низкой водопроницаемостью почв процессы Al-Fe-гумусовой миграции и глеевого выноса для

тундровых почв Средней Сибири не характерны. Слабое их проявление можно наблюдать лишь в тундровых глеевых перегнойных почвах террас и в дерновых почвах легкого механического состава.

В мерзлотных почвах тундр Средней Сибири широко представлены ЭПП, объединяемые под общим названием "криотурбации". Эти процессы приводятся к образованию разнообразных форм микро- и нанорельефа и соответствующих почвенно-мерзлотных комплексов. Морозобойное растрескивание наиболее характерно для почв со слабо выраженными органогенными горизонтами, таких, как тундровые глееватые гумусные, тундровые глеевые типичные, дерновые почвы, и, конечно, для почв пятен. Пучение, напротив, более выражено при оптимальном сочетании повышенного увлажнения и достаточно мощного органогенного горизонта.

Характерной чертой механического состава почв равнинных тундр Средней Сибири является их значительная глинистость. В механическом составе преобладают три фракции: мелкого песка, крупной пыли и ила. В глеевой толще нет заметной дифференциации по механическому составу. Обедненностью илистой фракцией характеризуются лишь поверхностные гумусо-аккумулятивные горизонты; особенно это характерно для тундровых глеевых перегнойных почв.

Данные химического анализа тундровых почв Таймыра обнаруживают ряд свойств, отмеченных ранее исследователями для тундровых глеевых почв Сибири: слабая дифференциация минеральной части профиля на горизонты, отсутствие заметной оподзоленности, насыщенность профиля оксалатно-растворимыми полуторными окислами и подвижным органическим веществом, грубогумусность, оторфованность верхних органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов. К характерным отличиям почв тундр Средней Сибири следует отнести их незначительную кислотность, высокую, нередко близкую к полной, степень насыщенности основаниями при большой емкости поглощения. Эти особенности почв в значительной степени следует рассматривать как литогенные, связанные с воздействием почвообразующих пород со спецификой минералогии ила и крупных фракций. Высокая емкость поглощения и насыщенность поглощающего комплекса тундровых глеевых и дерновых почв, почв пятен, болотно-тундровых почв позволяют отнести их к роду насыщенных и выделить в тундровой зоне Таймырский округ тундровых глеевых насыщенных почв.

В табл. 61 приведены некоторые усредненные данные по аналитической характеристике почв тундр Средней Сибири, которые наряду с морфологией и набором ЭПП могут служить основой для диагностики почв. В пределах типа тундровых глеевых почв в качестве критериев, позволяющих различить подтипы, могут служить такие показатели, как величина рН, гидролитической кислотности, степень насыщенности основаниями. По общей сумме признаков четко выделяются почвы пятен, болотные, дерновые почвы. Болотно-тундровые почвы по химическим свойствам близки к тундровым глеевым перегнойным, что наряду с морфологическими признаками,

общностью ряда процессов может служить основанием для объединения этих почв в один подтип или тип.

В качестве общих признаков, характеризующих особенности гумусного состояния почв, можно назвать следующие: высокое содержание гумуса в верхней части профиля почв и резко убывающий тип его профильного распределения, низкая обогатенность азотом, слабая степень гумификации органического вещества, крайне низкая оптическая плотность гуминовых кислот. Специфическими признаками для тундровых глеевых почв и почв пятен являются довольно высокое содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, и гуматно-фульватный (а не фульватный) тип гумуса. Такие показатели гумусного состояния, как содержание гумуса в верхнем горизонте, степень гумификации органического вещества, содержание различных фракций гуминовых кислот, негидролизованного остатка, тип гумуса, позволяют диагностировать различные типы и подтипы почв тундр Средней Сибири.

В структуре почвенного покрова тундр Средней Сибири преобладают три типа почвенно-мерзлотных комплексов: полигонально-трещинный, округло-пятнистый бугорковый и полигонально-валиковый. Кроме различных подтипов тундровых глеевых почв почти неизменным членом комплекса являются почвы пятен. С севера на юг уменьшается доля полигонально-трещинных комплексов и усиливается участие округло-пятнистых бугорковых. В их составе в арктической тундре доминируют тундровые гумусные глееватые почвы, в типичной - тундровые глеевые типичные и перегнойные, в южной тундре и лесотундре - тундровые глеевые перегнойные и торфянистые. В пределах равнинных тундр Средней Сибири наблюдается вертикальная смена подтипов тундровых глеевых почв: террасы рек и обширные депрессии озерно-аллювиального генезиса - тундровые глеевые перегнойные и торфянистые; склоны холмов - тундровые глеевые типичные; водораздельные, наиболее повышенные участки - тундровые гумусные глееватые.

Довольно высокий (для тундр) уровень первичной и вторичной продуктивности тундр Средней Сибири связан как с удаленностью и слабой освоенностью территории и теплым летом, так и с благоприятным геохимическим фоном почвообразующих пород и почв (слабокислая реакция, насыщенность поглощающего комплекса, высокая емкость поглощения, высокий уровень содержания некоторых элементов зольного питания растений, в том числе и микроэлементов). Наиболее целесообразно земельные фонды тундр Средней Сибири использовать и охранять как естественные кормовые угодья для дикого северного оленя и других видов промысловых зверей и птиц. Однако в лесотундре есть резервы для создания кормовой базы для домашнего животноводства на основе естественных лугов и искусственного залужения тундры.

Для сохранения уникальных по красоте и богатству естественных ландшафтов Таймыра необходимо создание сети охраняемых территорий (заповедников, заказников и т.д.).

- Абатуров Б.Д. Почвообразующая роль животных в биосфере. - В кн.: Биосфера и почвы. М.: Наука, 1976.
- Аврамчик М.Н. Геоботаническая и пастбищная характеристика района реки Дудышты. - Тр. Аркт. ин-та, 1937, т. 63. Геоботаника.
- Александрова В.Д. О подземной структуре некоторых растительных сообществ арктической тундры на о-ве Б. Ляховском. - В кн.: Проблемы ботаники. Т. VI. Вопросы ботаники, геоботаники и лесной биогеоценологии. М.; Л. 1962.
- Александрова В.Д. Опыт анализа структуры растительного покрова на границе фитоценозов пятнистой и бугорковой тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971. Вып. 1.
- Александрова В.Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л.: Наука, 1977.
- Алисов Б.П. Климат СССР. М.: Изд-во МГУ, 1956.
- Ананьева С.И. Влияние деятельности позвоночных животных на распределение и численность коллембол в тундровой зоне. - В кн.: Проблемы почвенной зоологии. М.: Наука, 1969.
- Ананьева С.И. Коллемболы в тундрах Таймыра. - В кн.: Проблемы почвенной зоологии. М.: Наука, 1972.
- Ананьева С.И. Ногохвостки (Collembola) Западного Таймыра. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1973, вып. 1.
- Андреев В.Н. Проблемы рационального использования и улучшения оленьих пастбищ. - В кн.: Проблемы Севера. М.: Наука, 1968, вып. 13.
- Арефьева В.А. Воды. - В кн.: Средняя Сибирь. М.: Наука, 1964.
- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970.
- Арчегова И.Б. Опыт замораживания растворов гуминовых кислот. - Почвоведение, 1967, № 6.
- Арчегова И.Б. Состав органического вещества в почвах южной подзоны Европейской тундры (Воркута). - В кн.: Биологические основы использования природы Севера. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1970.
- Арчегова И.Б., Антонов Н.А. Изменение содержания питательных элементов (NPK), гумуса и его состава под влиянием рекультивации в поле многолетнего сеянного луга. - В кн.: Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв. М.: Наука, 1975.
- Арчегова И.Б., Котелина Н.С., Кононенко А.В., Гецен М.В. Многолетние луга в восточноевропейской тундре. - В кн.: Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв. М.: Наука, 1975.
- Баранов В.Я. Геоэкологическая карта масштаба 1:10 000 000. М.: Знание, 1960.
- Берсон Г.З., Ивановский А.И., Сайтбурханов Р., Абзаев И.А. Пути развития и повышения эффективности овощеводства на Крайнем Севере. - В кн.: Проблемы Севера. М.: Наука, 1968, вып. 13.
- Благодатских Л.С. Листостебельные мхи района Таймырского стационара (Западный Таймыр). - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1973, вып. 2.
- Богатырев Л.Г. Уровень многолетней мерзлоты в различных типах тундр Западного Таймыра. - В кн.: Почвы мерзлотных областей. Якутск, 1969.
- Богатырев Л.Г. Биологический круговорот зольных элементов в кустарниково-осоково-моховой тундре. - В кн.: Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан, 1973.
- Богатырев Л.Г. Биологический круговорот зольных элементов в тундрах стационара "Агара". - В кн.: Биологические проблемы Севера. Якутск, 1974а, вып. 6.
- Богатырев Л.Г. Динамика оттаивания мерзлоты в тундровых почвах стационара "Агара". - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. Изд-во МГУ, 1974б, вып. 2.
- Богатырев Л.Г. Перенос растительного опада в тундровых биогеоценозах. - Вестн. МГУ. Сер. 6. Биология, почвоведение, 1975, № 2.
- Богатырев Л.Г. Биологический круговорот в тундрах Западного Таймыра: Автореф. канд. дис. Изд-во МГУ, 1976а.
- Богатырев Л.Г. К вопросу о роли экскрементов животных в биологическом круговороте элементов в тундрах Западного Таймыра. - В кн.: Тр. VII симпозиума "Биологические проблемы Севера". Почвоведение, агрохимия, мелиорация. Петрозаводск, 1976б.
- Богатырев Л.Г. Некоторые особенности биологического круговорота в тундрах Западного Таймыра. - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1976в, вып. 3.
- Богатырев Л.Г., Васильевская В.Д., Иванов В.В. К характеристике температурного режима тундровых почв (Западный Таймыр). - Науч. докл. Высш. школы. Биол. науки, 1971, № 10.
- Богатырев Л.Г., Колпашиков Л.Ф., Тишков А.А. Особенности питания дикого северного оленя на Таймыре. - В кн.: Роль животных в функционировании экосистем. М.: Наука, 1975.
- Боч М.С., Василевич В.И. Опыт крупномасштабного картирования растительности тундры (Западный Таймыр). - В кн.: Аэрометоды изучения лесных ландшафтов. Красноярск, 1975.
- Вакар В.А. Геологическое строение центральной части Восточного Таймыра. - Тр. НИИГА, 1952, т. 34.
- Вакар В.А., Дибнер В.Д., Молдавский М.Л., Пушинов А.П., Чайка Л.А. Геологическое строение и полезные ископаемые района Таймырского озера. - Тр. НИИГА, 1953, т. 63.
- Вакар В.А., Егизаров Б.Х. Основные этапы геологической истории Таймыра и Северной Земли. - Тр. НИИГА, т. 145, 1965.
- Варгина Н.Б., Афонина О.М., Жукова А.Л., Мартин Ю.Л., Пийн Т.Х. Флора урочища Ары-Мас. - В кн.: Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива/Л.: Наука, 1978.
- Васильевская В.Д. Химический состав природных вод в бассейне реки Пясины и особенности миграции некоторых химических элементов в тундровых ландшафтах. - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1976, вып. 3.
- Васильевская В.Д. Генетические особенности почв пятнистой тундры. - Почвоведение, 1979, № 7.
- Васильевская В.Д., Богатырев Л.Г. Определение доли живых и отмерших корней в тундровых фитоценозах. - Вестн. МГУ. Сер. 17, Почвоведение, 1977, № 1.

- Васильевская В.Д., Горбачева О.В., Песочина Л.С. Биологический круговорот микроэлементов (В, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Mo) в тундрах Западного Таймыра (станционар "Агала"). - В кн.: Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан, 1973.
- Васильевская В.Д., Иванов В.В. Тундровые глеевые почвы в долине реки Пясины (Западный Таймыр). - Почвоведение, 1971, № 11.
- Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Природные условия и почвы стационара "Агала" (Западный Таймыр). - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1972, вып. 1.
- Васильевская В.Д., Иванов В.В., Шоба С.А. Микроморфологические особенности тундровых почв Таймыра. - Вестн. МГУ. Сер. 6, Биология, почвоведение, 1975, № 5.
- Васильевская В.Д., Колпашикова Г.А. Изменение состава почвенных растворов и некоторых свойств почв стационара "Тарей" в течение вегетационного периода. - В кн.: Структура и функции биогеоценозов Таймырской тундры. Л.: Наука, 1978.
- Васильевская В.Д., Поспелова Е.Б., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Температурный режим почв некоторых типов тундр стационара "Агала" в течение вегетационного периода. - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1974, вып. 2.
- Васильевская В.Д., Солодихина Г.А. Динамика некоторых свойств почв стационара "Тарей" (Западный Таймыр) в течение вегетационного периода. - В кн.: Биологические проблемы Севера. Якутск, 1974, вып. 6.
- Виноградова А.Н. Геоботанический очерк оленьих пастбищ района реки Пясины. - Тр. Аркт. ин-та, 1937, т. 63. Геоботаника.
- Воскресенский С.С. Геоморфология Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1962.
- Галахов Н.Н. Климат. - В кн.: Средняя Сибирь. М.: Наука, 1964.
- Гедройц К.К. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1955. Т. 1.
- Геллер М.Х. К вопросу о питании серебристой чайки и поморников на Таймырском полуострове. - Тр. НИИСХ Крайнего Севера. Красноярск, 1967, т. 14.
- Геллер М.Х. О явлениях очаговости в размножении песцов и леммингов на Таймыре. - Тр. НИИСХ Крайнего Севера. Красноярск, 1969, т. 17.
- Геллер М.Х. Взаимоотношения в системе хищник-жертва тундровых биогеоценозов. - В кн.: Биологические проблемы Севера. Якутск, 1974, вып. 1.
- Герасимов И.П. Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв. - Почвоведение, 1973, № 5.
- Герасимов И.П. Опыт генетической диагностики почв СССР на основе элементарных почвенных процессов. - Почвоведение, 1975, № 5.
- Герасимов И.П., Глазовская М.А. Основы почвоведения и географии почв. М.: Географгиз, 1960.
- Гомоюнов К.А. Гидрологические исследования в Советской Арктике за 25 лет (1920-1945). - Изв. Всесоюз. геогр. о-ва, 1945, т. 77, вып. 6.
- Горбунов Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
- Гордиенко П.А., Блоха А.Д. Влияние сельскохозяйственного освоения на тундровые почвы полуострова Ямал. - В кн.: Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв. М.: Наука, 1975.
- Горова А.К., Асеева И.В., Васильевская В.Д., Лысак Л.В. Психрофильные микробактерии в тундровых почвах Таймыра. - Вестн. МГУ. Сер. 6, Биология, почвоведение, 1975, № 2.
- Городков Б.Н. Вечная мерзлота в Северном крае. - Тр. СОПС. Сер. северная, 1932а, вып. 1.
- Городков Б.Н. Почвы Гыданской тундры. - Тр. Полярной комиссии АН СССР, 1932б, вып. 7.
- Городков Б.Н. Растительность тундровой зоны СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1935.
- Городков Б.Н. Об особенностях почвенного покрова Арктики. - Изв. Всесоюз. геогр. о-ва, 1939, т. 71, вып. 10.
- Городков Б.Н. Анализ растительности зоны арктических пустынь на примере острова Врангеля. - В кн.: Растительность Крайнего Севера и ее освоение. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958, вып. 3.
- Градусов Б.П., Иванов В.В. О минералогическом составе глинистого материала тундровых почв Западного Таймыра. - Вестн. МГУ. Сер. 6, Биология, почвоведение, 1974, № 4.
- Грезе В.Н. Таймырское озеро. - Изв. Всесоюз. геогр. о-ва, 1947, т. 79, вып. 3.
- Гришина Л.А. Особенности органического вещества некоторых почв Таймырской тундры. - В кн.: Продуктивность биоценозов Субарктики. Свердловск, 1970.
- Гришина Л.А. О степени гумификации органического вещества почв некоторых тундровых биогеоценозов. - В кн.: Тр. V Междунар. симпоз. "Гумус и растения". Прага, 1971.
- Гришина Л.А. Запасы и состав органического вещества некоторых тундровых почв. - В кн.: Биологические проблемы Севера. Якутск, 1974, вып. 6.
- Гришина Л.А. Уровни организации органического вещества тундровых почв. В кн.: Тр. VII симпоз. "Биологические проблемы Севера". Почвоведение, агрохимия, мелиорация. Петрозаводск, 1976.
- Гришина Л.А., Васильевская В.Д., Самойлова Е.М. Типы биологического круговорота в некоторых природных зонах СССР. - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1976, вып. 3.
- Гришина Л.А., Вирченко В.П. Особенности распределения и состав органического вещества сопряженных тундровых ландшафтов. - В кн.: Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан, 1973.
- Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв. - В кн.: Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1978.
- Гришина Л.А., Тодорова Н.И. Гумус почв Таймырской тундры. - В кн.: Почвы мерзлотной области. Якутск, 1969.
- Гришина Л.А., Тодорова Н.И. Органическое вещество в некоторых почвах Таймырской тундры. - Вестн. МГУ. Сер. 6, Биология, почвоведение, 1970, № 3.
- Гришина Л.А., Решетников С.В. Запасы органического вещества и азота в почвах тундр Западного Таймыра. - В кн.: Тр. VII симпоз. "Биологические проблемы Севера". Почвоведение, агрохимия, мелиорация. Петрозаводск, 1976.
- Гудина В.И., Нуждина Н.А., Троицкий С.А. Новые данные о морском плейстоцене Таймырской низменности. - Геол., геофиз., 1968, № 1.
- Данялов И.Д., Попов А.И., Смирнова Т.И. Геолого-геоморфологическое и мерзлотное строение района Таймырского стационара (устье Тарей). - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971, вып. 1.
- Дедков В.С. Изменение свойств поверхностно-глеевых почв Приобской лесотундры в связи с процессами пятнообразования. - Экология, 1971, № 2.
- Дедков В.С. О методике определения окислительно-восстановительного потенциала в мерзлотных почвах. - В кн.: Биомасса и динамика раст-

- тельного покрова и животного населения в лесотундре. Свердловск, 1974.
- Дедков В.С. Почвообразовательные процессы в лесотундре низовий р.Оби (стационар МБП "Харп"): Автореф. канд. дис. М., 1976.
- Дибнер В.Д. Горная часть Таймырского полуострова и мелкие острова Карского моря. - В кн.: Четвертичные отложения Советской Арктики. - Тр. НИИГА, 1959, т. 91.
- Димо В.Н., Роде А.А. Тепловой и водный режим почв СССР. М.: Наука, 1968.
- Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1972.
- Доронина Н.А., Сиско Р.К. Реки, озера, болота. - В кн.: Таймыро-Североземельская область. Л.: Гидрометеиздат, 1970.
- Достовалов Б.Н., Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. М.: Изд-во МГУ, 1967.
- Драницын Д.А. О некоторых зональных формах рельефа Крайнего Севера. - Почвоведение, 1914, № 4.
- Драницын Д.А. Северо-Енисейская экспедиция. - В кн.: Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1914 г. Пг., 1916.
- Евдокимова Т.И., Гришина Л.А., Васильевская В.Д., Самойлова Е.М. Распределение органического вещества в системе почва-растение. - В кн.: Тр. X Междунар. конф. почвоведов. М.: Наука, 1974. Т. VI (1).
- Егорова И.С. Таймырская низменность. - В кн.: Четвертичные отложения Советской Арктики. - Тр. НИИГА, 1959, т. 91.
- Ендрихинский А.С. Четвертичные отложения. - В кн.: Путоранская озерная провинция. Тр. Лимнолог. ин-та, 1975, вып. 20(40).
- Ерохина А.А., Кириллова М.В. Почвы. - В кн.: Средняя Сибирь. М.: Наука, 1964.
- Жадринская Н.Г. Почвы и растительность. - В кн.: Таймыро-Североземельская область. Л.: Гидрометеиздат, 1970.
- Захаров С.А. Курс почвоведения. М.; Л.: Госиздат, 1927.
- Зверева Т.С., Игнатенко И.В. Изменение минералогического состава почв кустарниковой тундры, развитых на разных породах. - В кн.: Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан, 1973.
- Зверева Т.С., Игнатенко И.В. Условия выветривания и трансформации глинистых минералов в почвах различных подзон восточно-европейской тундры. - В кн.: Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан, 1973.
- Зверева Т.С., Игнатенко И.В. Глинистые минералы некоторых почв полуострова Таймыр. - В кн.: Биологические проблемы Севера. Якутск, 1974, вып. 6.
- Зольников В.Г., Тетерин Л.В., Черняк Е.И. Почвы Вилюйского бассейна и их использование. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
- Иванов В.В. О составе почвенных растворов тундровых почв Западного Таймыра. - Вестн. МГУ. Сер. 6, Биология, почвоведение, 1970, № 3.
- Иванов В.В. Некоторые особенности почвообразования в тундрах среднего течения р.Пясины (Западный Таймыр): Автореф. канд. дис. М., 1971.
- Иванов В.В. О возможной роли поверхностно-элювиальных процессов в генезисе покровных отложений Севера. - Почвоведение, 1976а, № 2.
- Иванов В.В. Почвы аккумулятивных ландшафтов Западного Таймыра. - Тр. VII симпозиума "Биологические проблемы Севера". Почвоведение, агрохимия, мелиорация. Петрозаводск, 1976б.
- Иванов В.В., Богатырев Л.Г. К характеристике процесса оглеения в тундровых почвах. - Вестн. МГУ. Сер. 6. Биология, почвоведение, 1970.
- Иванова Е.Н. Опыт общей классификации почв. - Почвоведение, 1956а, № 6.
- Иванова Е.Н. Систематика почв Северной части Европейской территории СССР. - Почвоведение, 1956б, № 1.
- Иванова Е.Н. Некоторые закономерности строения почвенного покрова в тундре и лесотундре побережья Обской губы. - В кн.: О почвах Урала, Западной и Центральной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
- Иванова Е.Н. Классификация почв. М.: Наука, 1976.
- Иванова Е.Н., Забоева И.В., Караваева Н.А., Таргульян В.О. Основные подтипы тундровых глеевых почв СССР. - В кн.: Биологические основы использования природы Севера. Сыктывкар, 1970.
- Иванова Е.Н., Лобова Е.В., Ногина Н.А., Розов Н.Н., Фридрих В.М., Шувалов С.А. Современное состояние учения о генезисе почв в СССР. - Почвоведение, 1969, № 5.
- Иванова Е.Н., Розов Н.Н., Ерохина А.А., Ногина Н.А., Носин К.А., Уфимцева К.А. Новые материалы по общей географии и классификации почв полярного и бореального пояса Сибири. - Почвоведение, 1961, № 11.
- Ивановский А.И. Кормопроизводство в луговых и кормовых прифермских севооборотах на Крайнем Севере. - В кн.: Проблемы Севера. М.: Наука, 1968, вып. 13.
- Игнатенко И.В. Почвы арктической тундры Югорского полуострова. - Почвоведение, 1963, № 5.
- Игнатенко И.В. Почвы восточноевропейской лесотундры. - В кн.: Растительность лесотундры и пути ее освоения. Л.: Наука, 1967.
- Игнатенко И.В. Почвы кустарниковой тундры и изменение ее свойств при освоении. - Почвоведение, 1969, № 6.
- Игнатенко И.В. Почвы основных типов тундровых биогеоценозов Западного Таймыра (на примере стационара Ботанического ин-та АН СССР). - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. М.: Наука, 1971, вып. 1.
- Игнатенко И.В. Структура почвенного покрова восточноевропейской лесотундры. Л.: Наука, 1972.
- Игнатенко И.В. Пояснительный текст к почвенной карте тундрового стационара Ботанического института АН СССР. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1973, вып. 2.
- Игнатенко И.В. Почвы тундры и лесотундры (на примере Восточно-Европейской равнины): Автореф. докт. дис. М., 1977.
- Игнатенко И.В. Почвенный покров. - В кн.: Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. Л.: Наука, 1978.
- Игнатенко И.В. Почвы восточноевропейской тундры и лесотундры. М.: Наука, 1979.
- Игнатенко И.В., Кнорре А.В., Ловелиус Н.В., Норин Б.Н. Запасы фитомассы в типичных растительных сообществах лесного массива "Ары-Мас". - Экология, 1973, № 3.
- Игнатенко И.В., Норин Б.Н. Динамика пятнистых тундр восточноевропейского Севера. - В кн.: Проблемы ботаники. М.: Наука, 1969, вып. 11.
- Игнатенко И.В., Норин Б.Н., Рахманина А.Г. Круговорот зольных элементов и азота в некоторых биогеоценозах восточноевропейской лесотундры. - В кн.: Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан, 1973.

- Караваева Н.А. Тундровые почвы Северной Якутии. М.: Наука, 1969.
- Караваева Н.А., Полтева Р.Н. Циклы пятнообразования в почвах лесотундры и тундры. - В кн.: Растительность Крайнего Севера и ее освоение. Л.: Наука, 1967, вып. 7.
- Караваева Н.А., Таргульян В.О. Об особенностях распределения гумуса в тундровых почвах Северной Якутии. - Почвоведение, 1960, № 12.
- Караваева Н.А., Таргульян В.О. К изучению почв тундр Северной Якутии. - В кн.: О почвах Восточной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
- Караваева Н.А., Таргульян В.О. Автономное почвообразование на севере Евразии и Америки. - В кн.: Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1978.
- Каплик Л.Ф. Почвы Норильской долины. - В кн.: Тр. I Сиб. конф. почвоведов. Красноярск, 1962.
- Кауричев И.С., Кулаков Е.В., Ноздрунова Е.М. К вопросу об образовании и миграции железоорганических соединений в почвах. - Почвоведение, 1958, № 12.
- Кауричев И.С., Ноздрунова Е.М. Образование железоорганических соединений при воздействии на оглеенную почву водными экстрактами из растительных остатков. - Изв. ТСХА, 1959, № 3.
- Кауричев И.С., Ноздрунова Е.М. Роль компонентов водно-растворимого органического вещества растительных остатков в образовании подвижных железоорганических соединений. - Почвоведение, 1961, № 10.
- Кириллов М.В., Буганов П.П. Схема почвенного районирования территории Красноярского края (тундра, тайга, подтайга). - Тр. Краснояр. СХИ, 1959, т. 3, вып. 1.
- Кнорре А.В., Ловелиус Н.В., Норин Б.Н. Колебания прироста *Larix dahurica Turcz.* в лесном острове Ары-Мас (Таймыр). - Бот. журн., 1971, т. 56, № 5.
- Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. Кн. 1.
- Ковда В.А., Евдокимова Т.И., Гришина Л.А., Самойлова Е.М., Васильевская В.Д. Биологическая продуктивность почв. - Вестн. МГУ. Сер. 6. Биология, почвоведение, 1971, № 4.
- Ковда В.А., Евдокимова Т.И., Гришина Л.А., Самойлова Е.М., Васильевская В.Д. Биологическая продуктивность ландшафтов некоторых природных зон. - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1974, вып. 2.
- Козловская Л.В. Процессы разложения болотных растений в торфяных почвах. - В кн.: Почвенные исследования в Карелии. Петрозаводск, 1974.
- Козловская Л.С. Беспозвоночные болотных почв и их значение в почвообразовании. - В кн.: Биологическая диагностика почв. М.: Наука, 1976.
- Коноровский А.К. Влияние промерзания на некоторые свойства мерзлотных почв. - В кн.: Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв. М.: Наука, 1975.
- Конторович А.Э., Садиков М.А., Шварцев С.Л. Распространение некоторых химических элементов в поверхностных и грунтовых водах северо-западной части Сибирской платформы. - ДАН СССР, 1963, т. 149, № 1.
- Коптева З.Ф., Ноздрунова Е.М. Влияние попеременного промораживания и оттаивания на миграцию солей из избыточно увлажненной почвы. - Докл. ТСХА, 1966, т. 1, вып. 26.
- Коровин А.М. Особенности роста и минерального питания растений на холодных почвах. - В кн.: Почвы мерзлотной области. Якутск, 1969.
- Коровин А.М., Сычева З.Ф., Быстрова З.А. Влияние температуры почвы на усвоение растениями фосфора. - ДАН СССР, 1961, т. 137, № 2.
- Корсунов В.М. Своеобразие географии, генезиса и почвообразующих процессов тундры Енисейского Севера. - В кн.: Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв. М.: Наука, 1975.
- Коссович П.С. К вопросу о генезисе почв и об основах для генетической почвенной классификации. - Журн. опытной агрономии, 1906, т. VII, № 4.
- Коссович П.С. Почвообразовательные процессы как основа генетической почвенной классификации. - Журн. опытной агрономии, 1910, т. XI, № 5.
- Коссович П.С. Основы учения о почве. СПб., 1911, ч. 2, вып. 1.
- Кречмар А.В. О ландшафтном распределении птиц Юго-Западного Таймыра. - Орнитология, 1962, сб. 4.
- Куксов В.А. Влияние некоторых климатических факторов на численность мышевидных грызунов на Западном Таймыре. - Тр. НИИСХ Крайнего Севера, Красноярск, 1969, т. 1.
- Куксов В.А. Популяционная экология и теоретические основы прогноза численности мелких грызунов Таймыра: Автореф. канд. дис. М., 1975.
- Кулаков Ю.Н. Новейшая тектоника Таймырской низменности. - Тр. НИИГА, 1960, т. 106.
- Культина В.В., Ловелиус Н.В., Костюкович В.В. Палинологические и геохронологические исследования голоценовых отложений в бассейне реки Новой на Таймыре. - Бот. журн., 1974, т. 59, № 9.
- Курчева Г.Ф. Роль позвоночных животных в разложении и гумификации растительных остатков. М.: Наука, 1971.
- Кушев С.Л., Леонов Б.Н. Рельеф и геологическое строение. - В кн.: Средняя Сибирь. М.: Изд-во АН СССР, 1964.
- Ливеровский Ю.А. Почвы тундр Северного края. - Тр. Полярной комиссии, 1934, вып. 19.
- Ливеровский Ю.А. Почвы северо-востока Европейской части СССР. - В кн.: Почвы СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939, т. 2.
- Ливеровский Ю.А. Почвы Крайнего Севера и задачи их дальнейшего изучения. - В кн.: Проблемы Севера. М.: Наука, 1964, вып. 8.
- Ливеровский Ю.А. Почвы СССР. М.: Изд-во МГУ, 1965. Вып. 1.
- Ловелиус Н.В. Снежный покров и мерзлота. - В кн.: Ары-Мас: Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. Л.: Наука, 1978.
- Ляхов А.И. Почвы в районе Игарки и их свойства. - Тр. НИИ поляр. земледелия, животноводства и промышленного хоз-ва. Сер. Растениеводство, 1940, вып. 1.
- Манаков К.Н. Элементы биологического круговорота на Полярном Севере. Л.: Наука, 1970.
- Матвеева Н.В. Особенности структуры растительности основных типов тундр в среднем течении реки Пясины (Западный Таймыр). - Бот. журн., 1968, т. 53, № 11.
- Матвеева Н.В. Особенности структуры растительности основных типов тундр в среднем течении реки Пясины (Западный Таймыр): Автореф. канд. дис. Л., 1970.
- Матвеева Н.В. Динамика оттаивания в тундрах Западного Таймыра. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971, вып. 1.
- Матвеева Н.В., Полозова Т.Г., Благодатских Л.С., Дорогостая Е.В. Краткий очерк растительности окрестностей Таймырского био-

- ценологического стационара. - В кн.: Биогеноценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1973, вып. 2.
- Матвеева Н.В., Чернов Ю.И. Полярные пустыни полуострова Таймыр. - Бот. журн., 1976, т. 61, № 3.
- Мичурин Л.Н. О хозяйственном значении диких северных оленей на Крайнем Севере. - Проблемы Севера, 1967, вып. 11.
- Мичурин Л.Н., Вахтина Т.В. О зимнем питании северных оленей в арктических тундрах Таймыра. - Зоол. журн., 1968, т. 47, вып. 3.
- Мичурин Л.Н., Махаева Л.В. Питание дикою северного оленя на Таймыре. - Зоол. журн., 1962, т. 41, вып. 12.
- Мичурин Л.Н., Мироненко О.Н. Особенности размещения и использования зеленых пастбищ дикими северными оленями таймырского стада. - Тр. ВСХИ заоч. образования, 1964, вып. 17, ч. 2.
- Мичурин Л.Н., Мироненко О.Н. Воздействие лесных ценозов на эколого-морфологические признаки копытных животных севера Средней Сибири. - В кн.: Вопросы лесоведения. Красноярск, 1970, т. 1.
- Неуструев С.С. Классификация почвообразовательных процессов: Краткая инструкция для изучения почв в природе. Пг., 1916.
- Неуструев С.С. Элементы географии почв. М.; Л.: Сельхозгиз, 1931.
- Нюгина Н.А., Уфимцева К.А. Своеобразие почв области широкого распространения "вечной мерзлоты" и вопросы их классификации. - В кн.: Тр. Конф. почвоведов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1964.
- Норин Б.Н., Игнатенко И.В., Кнорре А.В., Ловелиус Н.В. Растительность и почвы лесного массива Ары-Мас (Таймыр). - Бот. журн., 1971, т. 56, № 9.
- Норин Б.Н., Кнорре А.В. Растительный покров урочища Ары-Мас. - В кн.: Ары-Мас: Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. Л.: Наука, 1978.
- Орлов В.А., Винокуров А.А. К вопросу о влиянии леммингов на растительный покров Таймырской тундры. - В кн.: Роль животных в функционировании экосистем. М.: Наука, 1975.
- Павлов Б.М. Белая и тундрная куропатки Таймыра: Автореф. канд. дис., М., 1974.
- Павлов Б.М., Савельев В.Д. Дикий северный олень как компонент арктических экосистем. - В кн.: Дикий северный олень. Норильск, 1976.
- Павлов Б.М., Якушкин Г.Д., Зырянов В.А., Куксов В.А., Савельев В.Д. Особенности учета, численность и структура популяции диких северных оленей Таймыра. - В кн.: Дикий северный олень в СССР. М.: Сов. Россия, 1975.
- Павлова Е.Б. О растительной массе тундр Западного Таймыра. - Вестн. МГУ. Сер. 6, Биология, почвоведение, 1969, № 6.
- Павлова Е.Б. Растительность участка долины реки Агапы (Западный Таймыр). - В кн.: Продуктивность биоценозов Субарктики. Свердловск, 1970, т. 1.
- Павлова Е.Б., Жаркова Ю.Г. Фитомасса некоторых тундр Западного Таймыра. - В кн.: Продуктивность биоценозов Субарктики. Свердловск, 1970, т. 1.
- Паринкина О.М. К микробиологической характеристике некоторых почв Западного Таймыра. - В кн.: Биогеноценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971, вып. 1.
- Паринкина О.М. Биологическая продуктивность бактериальных сообществ тундровых почв. - В кн.: Биогеноценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1973а, вып. 2.
- Паринкина О.М. Изменение характера микробного пейзажа при смене почвенно-ботанических условий в некоторых почвах п-ова Таймыр. - В кн.: Биогеноценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1973б, вып. 2.
- Паринкина О.М. Разложение растительного опада и клетчатки в таймырских тундрах. - Почвоведение, 1978, № 11.
- Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1966.
- Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. М.: Колос, 1968.
- Пийн Т.Х., Трасс Х.Х. Почвенные лишайники окрестностей Тарей (Западный Таймыр). - В кн.: Биогеноценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971, вып. 1.
- Полозова Т.Г., Тихомиров Б.А. Сосудистые растения района Таймырского стационара. - В кн.: Биогеноценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971, вып. 1.
- Полтев Н.Ф. Изменение микроагрегатного и гранулометрического состава глинистых грунтов в процессе их замерзания и оттаивания. - В кн.: Мерзлотные исследования. М.: Изд-во МГУ, 1968, вып. 8.
- Пономарева В.В. Теория подзолообразовательного процесса: Биохимические аспекты. М.; Л.: Наука, 1964.
- Попов А.И. Таймырский мамонт. - В кн.: Вопросы географии. М., 1950, вып. 23.
- Попов А.И. Карты мерзлотно-геоморфологических (перигляциальных) образований на территории СССР. - В кн.: Вопросы физической географии полярных стран. М., 1959, вып. 2.
- Попов А.И. Покровные суглинки и полигональный рельеф Большеземельской тундры. - В кн.: Вопросы географического мерзлотоведения и перегляциальной морфологии. М.: Изд-во МГУ, 1962.
- Поспелова Е.Б. О годичном приросте надземной фитомассы некоторых тундровых кустарников. - Вестн. МГУ. Сер. 6, Биология, почвоведение, 1972а, № 3.
- Поспелова Е.Б. Сезонная динамика прироста некоторых тундровых кустарников. - Науч. докл. высш. школы. Биол. науки, 1972б, № 10.
- Поспелова Е.Б. Некоторые данные о продуктивности тундр Западного Таймыра: Автореф. канд. дис. М., 1973.
- Поспелова Е.Б. Структура и пространственное распределение растительной массы в основных растительных сообществах стационара "Агала". - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1974, вып. 2.
- Поспелова Е.Б., Жаркова Ю.Г. Растительный покров и фитомасса основных растительных сообществ стационара "Агала". - В кн.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1972, вып. 1.
- Разумова В.Н. Древние коры выветривания и гидротермальный процесс. М.: Наука, 1977.
- Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука, 1971.
- Роде А.А. Почвообразовательные процессы и их изучение стационарным методом. - В кн.: Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1976.
- Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.; Л.: Наука, 1965.
- Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1975.
- Романова Е.Н. Некоторые особенности микроклимата субарктической тундры. - В кн.: Тр. ГГО. 1969, вып. 248.

- Романова Е.Н. Микроклиматическая характеристика Таймырской тундры. - В кн.: Тр. ГО. 1970, вып. 264.
- Романова Е.Н. Микроклимат тундр в районе Таймырского стационара. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971, вып. 1.
- Романова Е.Н. Основные вопросы изучения микроклимата тундровых биогеоценозов. - В кн.: Изучение биогеоценозов тундры и лесотундры. Л.: Наука, 1972.
- Романова Е.Н. Микро- и мезоклиматы Таймыра. - В кн.: Структура и функции биогеоценозов Таймырской тундры. Л.: Наука, 1978.
- Романова Е.Н., Уткина З.А. Некоторые данные по термическому режиму почвы Таймырской тундры. - Тр. Гл. геофиз., обс., 1973, вып. 306.
- Рутилевский Г.Л. Животный мир. - В кн.: Таймыро-Североземельская область. Л.: Гидрометеиздат, 1970.
- Савкина З.П. Вопросы повышения продуктивности естественной кормовой базы на Крайнем Севере. - Проблемы Севера, 1968, вып. 13.
- Сакс В.Н. Некоторые данные о вечной мерзлоте в бассейне реки Пясины. - Тр. Горно-геол. упр., 1945, вып. 21.
- Сакс В.Н. Четвертичный период в Советской Арктике. - Тр. Аркт. ин-та, 1948, т. 201.
- Сакс В.Н. Четвертичный период в Советской Арктике. - Тр. НИИГА, 1953, т. 77.
- Самбук Ф.В. Растительные ресурсы Таймыра. - Проблемы Арктики, 1937, № 3.
- Сдобников В.М. Биотопы Северного Таймыра и плотность популяции населяющих их животных. - Зоол. журн., 1959, т. 38, вып. 2.
- Серебряков И.Г. О распространении корневых систем некоторых арктических растений. - Учен. зап. Моск. гор. пед. ин-та им. Потемкина, 1960, т. 57, вып. 4.
- Сибирцев Н.М. Об основах генетической классификации почв. - Записки Новоалександрійского ин-та сел. хозяйства и лесоводства. 1895, т. 9, вып. 2.
- Сиско Р.К. Геологическое строение и палеогеография. - В кн.: Таймыро-Североземельская область. Л.: Гидрометеиздат, 1970а.
- Сиско Р.К. Об озерах Восточного Таймыра. - В кн.: Биологические основы использования природы Севера. Сыктывкар, 1970б.
- Скворцова И.Н. Микроорганизмы, участвующие в превращениях органических соединений фосфора в почве. - В кн.: Биологическая диагностика почв. М.: Наука, 1976.
- Суробов В.Д. Промысел весца в тундре. - В кн.: Проблемы Севера, М.: Наука, 1968, вып. 13.
- Скрынникова И.Н. Почвенные растворы южной части лесной зоны и их роль в современных процессах почвообразования. - В кн.: Современные почвенные процессы в лесной зоне Европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959.
- Соколов И.А. О некоторых сравнительно-генетических понятиях и терминах в почвоведении. - Почвоведение, 1967, № 10.
- Соколов И.А. О понятиях "зональный почвенный тип" и "почвенная зона". - В кн.: Лес и почва. Красноярск, 1968.
- Соколов И.А. Особенности автономного полярно-бореального почвообразования на основных породах (плато Путорана). - В кн.: Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан, 1973.
- Соколов И.А., Градусов Б.П. Почвообразование и выветривание на основных породах в условиях холодного гумидного климата. - Почвоведение, 1978, № 2.
- Соколов И.А., Соколова Т.А. О зональном типе почв в области многолетней мерзлоты. - Почвоведение, 1962, № 10.
- Соколова Т.А., Кузнецова Е.Г., Арчегова И.Б. Состав глинистых минералов кислых тундровых глеевых почв Коми АССР. - Почвоведение, 1977, № 11.
- Справочник по климату СССР, Л.: Гидрометеиздат, 1967, 1969, вып. 21 (ч. 1, 2, 3).
- Стебаев И.В. Роль почвенных беспозвоночных в развитии микрофлоры почв Субарктики (на примере личинок Tipulidae, Diptera). - ДАН СССР, 1958, т. 122, № 4.
- Стебаев И.В. Зоологическая характеристика тундровых почв. - Зоол. журн., 1962, т. 41, № 6.
- Степанова И.В. Разложение органического материала почвенными микроорганизмами в условиях Арктики. - Микол. и фитопатол., 1976, т. 10, вып. 3.
- Степанова И.В., Томилин Б.А. Грибы-микромитеты Таймырского стационара. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971а, вып. 1.
- Степанова И.В., Томилин Б.А. Грибы основных растительных сообществ Таймырской тундры. - Микол. и фитопатол., 1971б, т. 7, вып. 1.
- Страхов Н.М. Образование осадков в современных водоемах. М.: Изд-во АН СССР, 1954.
- Стрелков С.А. Север Сибири: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1965.
- Стриганова Б.Р. Почвенная фауна северного побережья Кольского полуострова. - В кн.: Экология почвенных беспозвоночных. М.: Наука, 1973.
- Стриганова Б.Р. Роль почвенных животных в процессах разложения растительных остатков. - В кн.: Проблемы почвенной зоологии. Вильнюс, 1975а.
- Стриганова Б.Р. Роль почвообразующих беспозвоночных в деструкционных процессах. - В кн.: Роль животных в функционировании экосистем. М.: Наука, 1975б.
- Сукачев В.Н. К вопросу о влиянии мерзлоты на почву. - Изв. Академии наук. Сер. VI, 1911, т. 5, № 1.
- Сухорукова С.С. Литология и условия образования четвертичных отложений Енисейского Севера. Новосибирск: Наука, 1975.
- Сыроечковский Е.Е. Проблема дикого северного оленя в СССР на современном этапе. - В кн.: Дикий северный олень в СССР. М.: Советская Россия, 1975.
- Сягаев Н.А. Структура и мезозойская история Предтаймырского прогиба. - Тр. НИИГА, 1960, т. 106.
- Сягаев Н.А. О тектонике Хатангской впадины. - Сов. геол., 1966, № 3.
- Таргульян В.О. Миграция некоторых химических элементов с речными водами горно-таежных районов. - Почвоведение, 1963, № 6.
- Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971.
- Тейбер С. Происхождение илов Аляски. - В кн.: Мерзлые породы Аляски и Канады. М.: ИЛ, 1958.
- Тихомиров Б.А. Динамические явления в растительности пятнистых тундр Арктики. - Бот. журн., 1957, т. 42, № 11.
- Тихомиров Б.А. Взаимосвязь животного мира и растительного покрова тундры. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959.
- Тихомиров Б.А. Изучение тундровых биогеоценозов. - В кн.: Программа и методы биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1966.

- Тихомиров Б.А. Особенности зоокомпонента биогеоценозов тундры. - В кн.: Теоретические проблемы фитоценологии и биоценологии. М.: Наука, 1970.
- Тихомиров Б.А. Основные проблемы и задачи биогеоценологического изучения тундры. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971, вып. 1.
- Тишков А.А. Влияние мохового покрова на температурный режим и протаивание почв. - В кн.: География природы и хозяйство. М.: Знание, 1975.
- Толмачев А.И. О распространении древесных пород и о северной границе лесов в области между Енисеем и Хатангой. - Тр. Полярной комиссии АН СССР, вып. 5. 1931.
- Толмачев А.И. Флора центральной части Восточного Таймыра. - Тр. Полярной комиссии, 1932, вып. 8, ч. 1.
- Гроицкий С.Л. Четвертичные отложения и рельеф равнинных побережий Енисейского залива и прилегающей части гор Бырранга. М.: Наука, 1966.
- Трусов Н.В., Абзаев И.А., Добротворский И.М. Пути развития и повышения экономической эффективности животноводства на Севере СССР. - Проблемы Севера, 1968, вып. 13.
- Тюлина Л.Н. Лесная растительность Хатангского района на ее северном пределе. - Тр. Аркт. ин-та, 1937, т. 63.
- Тютюнов И.А. Процессы изменения и преобразования почв и горных пород при отрицательной температуре (криогенез). М.: Изд-во АН СССР, 1960.
- Тютюнов И.А. Введение в теорию формирования мерзлых пород. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
- Тюрденев А.А., Андреев В.Н. Основные направления в развитии сельского и промыслового хозяйства Севера СССР. - Проблемы Севера, 1968, вып. 13.
- Тыртиков А.П. Влияние растительного покрова на промерзание и протаивание. М.: Изд-во МГУ, 1969.
- Умаров М.М. Распространение микобактерий и накопление аминокислот в различных почвах. - Вестн. МГУ. Сер. 6, Биология, почвоведение, 1971, № 3.
- Умаров М.М. Микобактерии в почвах: Автореф. канд. дис. М.: 1972.
- Урванцев Н.Н. Четвертичное оледенение Таймырского края. - Природа, 1930, № 4.
- Урванцев Н.Н. Таймырская геологическая экспедиция 1929 г. - Тр. ГГРУ ВСНХ СССР, 1931, вып. 65.
- Урванцев Н.Н. Климат и условия работы в районе Норильского каменноугольного и полиметаллического месторождения. - Тр. Полярной комиссии АН СССР, 1934, вып. 14.
- Успенский С.М. Жизнь в высоких широтах (на примере птиц). М.: Мысль, 1969.
- Уфимцева К.А. О горно-таежных почвах Забайкалья. - Почвоведение, 1963, № 3.
- Фирсова В.П., Дедков В.С. Почвы стационара "Харп". - В кн.: Биомасса и динамика растительного покрова и животного населения в лесотундре. - Тр. Ин-та экологии растений и животных, Свердловск, 1974, вып. 88.
- Фрадкин Н.Г. Географические исследования Сибири и Дальнего Востока (1928-1945). М.: Наука, 1967.
- Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972.
- Ходачек Е.А. Растительная масса тундровых фитоценозов Западного Таймыра. - Бот. журн., 1969, т. 54, № 3.
- Чернов Ю.И. Зависимость состава животного населения почв и дернины от характера растительности в некоторых типах тундр. - Проблемы Севера, 1964, № 8.
- Чернов Ю.И. Комплекс синантропных двукрылых в тундровой зоне СССР. - Энтомол. обозрение, 1965, т. 44, вып. 1.
- Чернов Ю.И. Краткий очерк животного населения тундровой зоны СССР. - В кн.: Зональные особенности населения наземных животных. М.: Наука, 1966.
- Чернов Ю.И. Распространение и численность ногохвосток в условиях тундровой зоны. - Энтомол. обозрение, 1968, т. 42, вып. 1.
- Чернов Ю.А. Закономерности зонального распределения различных групп почвенной фауны. - В кн.: Проблемы почвенной зоологии. М.: Наука, 1972.
- Чернов Ю.И. Геоэкологическая характеристика территории Таймырского биоценологического стационара. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1973, вып. 2.
- Чернов Ю.И. Природная зональность и животный мир суши. М.: Мир, 1975.
- Чернов Ю.И., Ананьева С.И., Кузьмин Л.И., Хаюрова Е.П. Некоторые особенности вертикального распределения беспозвоночных в почвах тундровой зоны. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1973, вып. 2.
- Чернов Ю.И., Анаиьева С.В., Хаюрова Е.П. Комплекс почвообитающих беспозвоночных в пятнистых тундрах Западного Таймыра. - В кн.: Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971, вып. 1.
- Чернов Ю.И., Ходашева К.С., Злотин Р.И. Наземная зоомасса и некоторые закономерности ее зонального распределения. - Журн. общ. биол. 1967, т. 28, № 2.
- Шалаева Н.М. Почвенные беспозвоночные стационара "Агапа" и их количественная характеристика. - В кн.: Актуальные вопросы зоогеографии. Кишинев, 1975.
- Шалаева Н.М. Фауна и количественная характеристика почвенных беспозвоночных Западного Таймыра, - Тр. VII симпоз., "Биологические проблемы Севера". Зоол. беспозв., паразитол., физиол. и биохим. животных. Петрозаводск, 1976.
- Шамурин В.Ф., Александрова В.Д., Тихомиров Б.А. Продуктивность тундровых сообществ. - В кн.: Ресурсы биосферы. Л.: Наука, 1975, вып. 1.
- Шварцев С.Л., Лукин А.А. Гидрогеохимическая зональность подземных вод некоторых сульфидных месторождений в многолетнемерзлых породах. - В кн.: Криогенные процессы в почвах и горных породах. М.: Наука, 1965.
- Шевелера Н.С., Хомичевская А.С. Геоэкологические условия Енисейского Севера. М.: Наука, 1967.
- Шульгин А.М. Агрометеорология. М.: Изд-во МГУ, 1961.
- Шелкунова Р.П. Изучение растительных ресурсов Таймыра. - Науч. тр. Сиб. отд. ВАСХНИЛ, 1976, т. 22.
- Якушкин Г.Д. Песец Таймыра и рациональное использование его запасов: Автореф. канд. дис. М., 1967.
- Якушкин Г.Д., Павлов Б.М. Биологическая продуктивность Таймырского стада северных оленей и контроль за его численностью. - В кн.: Биологические проблемы Севера. Якутск, 1974, вып. 1.

- Якушкин Г.Д., Павлов Б.М., Геллер М.Х., Зырянов В.А., Савельев В.Д., Куксов В.А., Боржонов Б.Б. Эколого-популяционная характеристика и задачи дальнейшего изучения диких северных оленей Таймыра. — В кн.: Дикий северный олень в СССР. М.: Сов. Россия, 1975.
- Якушкин Г.Д., Павлов Б.М., Зырянов В.А., Куксов В.А. Биологическая продуктивность основных видов промысловых животных тундр Западного Таймыра. — В кн.: Естественная производительность и продуктивность охотничьих угодий СССР. Киров, 1969, ч. 2.
- Allan R.J., Brown J., Rieger S. Poorly drained soils with permafrost in Interior Alaska. — *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 1969, vol. 33, N 4.
- Bilgin A., Douglas L.A. Relationship of soils and hydrological nutrient cycling in a tundra ecosystem. — In: *Proceedings Tundra Biome Symp. Washington*, 1972.
- Billings W.D., Shaver G.R., Trent A.W. Temperature effects of growth and respiration of roots and rhizome in tundra graminoids. — In: *Proceedings of the Conference on Primary Production Processes. Tundra Biome. Edmonton (Canada)*, 1973.
- Brown J. Buried soils associated with permafrost. — In: *Symposium on Pedology and Quaternary Research. Edmonton (Canada)*, 1969a.
- Brown J. Soils properties developed on the complex tundra relief of the Northern Alaska. — *Biul. Peryglac. Lodz*, 1969b, N 18.
- Brown J., Haugen R.K., Parrish S. Selected climatic and soil thermal characteristics of the Prudhoe Bay region. — In: *Ecological Investigation of the Tundra in the Prudhoe Bay Region, Alaska: Biol. Pap. Univ. Alaska*, 1975, N 2.
- Brown J., Tedrow J.C.F. Soils of the Northern Brooks range, Alaska: 4. Well-drained soils of the glaciated valleys. — *Soil. Sci.*, 1964, vol. 97, N 3.
- Chernov Yu.I., Dorogostaiskaya E.V., Gerasimenko T.V., Ignatenko I.V., Matveyeva N.V., Parinkina O.M., Polozova T.G., Romanova E.N., Schamurin V.F., Smirnova N.V., Stepanova I.V., Tomilin B.A., Vinokurov A.A., Zalensky O.V. Tareya, USSR. *Proceedings Tundra Biome Symposium: Structure and Function of Tundra Ecosystems.* — *Ecol. Bull.*, 1975, N 20.
- Day J.H., Rice H.M. The characteristics of some permafrost soils in the Mackenzie Valley, N.W.T. — *Arctic*, 1964, vol. 17, N 4.
- Douglas L.A., Tedrow J.C.F. Tundra soils of Arctic Alaska. — In: *7th Intern. Congr. Soil Sci., Madison (Wisc.)*, 1960, vol. IV.
- Gersper P.L. Chemical and physical soil properties and their seasonal dynamics at the Barrow intensive site. — In: *Proceedings Tundra Biome Symposium. Washington*, 1972.
- MacNamara E.E., Tedrow J.C.F. An arctic equivalent of the grumosol. — *Arctic*, 1966, vol. 19, N 2.
- Muč M. Primary production of plant communities of the Truelove Lowland, Devon Island, Canada. — In: *Proceedings of the Conference on Primary Production Processes. Tundra Biome. Dublin*, 1973.
- Nakano Y., Brown J. Mathematical modeling and validation of the thermal regimes in tundra soils, Barrow, Alaska. — *Arct. and Alp. Res.*, 1972, vol. 4, N 1.
- Norin B.N., Ignatenko I.V. Ary-Mas, USSR. — In: *Structure and function of tundra ecosystems.* — *Ecol. Bull.*, 1975, vol. 20.
- Pakarinen P., Vitt D.H. The major organic components and caloric contents of high arctic bryophytes. — *Canad. J. Bot.*, 1974, vol. 52, N 6.
- Rosswall T. Plant litter decomposition studies at the Swedish tundra site. — In: *Swedish Tundra Biome Technical Report*, 1973, N 14.
- Taber S. Origin of Alaska silt. — *Amer. J. Soil Sci.*, 1953, N 251.
- Tedrow J.C.F. Soil investigations in Inglefield Land, Greenland. — *Medd. Grenland*, 1970, vol. 188, N 3.
- Tedrow J.C.F., Brown J. Soils of Arctic Alaska. — In: *Arctic and Alpine Environments. Indiana Univ. Press*, 1967.
- Tedrow J.C.F., Hill D.E. Arctic brown soil. — *Soil. Sci.*, 1955, vol. 80, N 4.
- Vassiljevskaja V.D., Ivanov V.V., Bogatirev L.G., Pospelova E.B., Shalaeva N.M., Grishina L.A. Agapa, USSR. — In: *Structure and function of tundra ecosystems. Ecol. Bull.*; 1975, vol. 20.
- Vinokurov A.A., Orlov V.A., Ochotsky Yu.V. Population and faunal dynamics of vertebrates in tundra biocenoses (Taimyr). — In: *Proceedings of IV Intern. Meeting of Tundra Biome. Stockholm*, 1972.
- Witkamp M. Decomposition of leaf litter in relation to environment, microflora and microbial respiration. — *Ecology*, 1966, vol. 47, N 3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава I	
УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ	5
История изучения севера Средней Сибири	—
Климатические условия	7
Рельеф, геология, почвообразующие породы	12
Биологический фактор почвообразования	28
Глава II	
СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ СПИСОК ПОЧВ	58
Глава III	
МОРФОЛОГИЯ И МИКРОМОРФОЛОГИЯ ПОЧВ	62
Тип. Тундровые глеевые почвы	64
Тип. Почвы пятен	76
Тип. Тундровые дерновые почвы	80
Тип. Болотно-тундровые почвы	84
Тип. Тундровые болотные почвы	89
Горные почвы	91
Глава IV	
ПРОЦЕССЫ И РЕЖИМЫ	95
Температурный режим	96
Режим оттаивания почв	102
Первичная продуктивность и биологический круговорот зольных элементов и азота	107
Динамика влажности	117
Окислительно-восстановительный режим	122
Динамика кислотности почв, содержания растворимых фосфатов, обменного калия и аммиачного азота	125
Миграция веществ в тундровых почвах	133

Глава V	
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ	149
Механический состав	—
Минералогический состав	162
Химическая характеристика почв	170
Глава VI	
ПРОБЛЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУНДР СРЕДНЕЙ СИБИРИ.	204
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	209
ЛИТЕРАТУРА	218

Вера Дмитриевна Васильевская

Почвообразование в тундрах Средней Сибири

*Утверждено к печати
Научным советом по проблемам почвоведения
и мелиорации почв
и Институтом агрохимии и почвоведения АН СССР*

Редактор издательства *М.Е. Анцелович*
Художественный редактор *Т.П. Поленова*
Технический редактор *Н.М. Бурова*
Корректор *Г.В. Бабкина*

ИБ № 17054

Подписано к печати 10.07.80. Т - 08565
Формат 60×90 1/16. Бумага офсетная № 1
Печать офсетная
Усл.печ.л. 14,8 + 0,3 вкл. Уч.-изд.л. 16,7
Тираж 600 экз. Тип. зак. 1360. Цена 2р. 60к.

Издательство "Наука", 117864 ГСП-7,
Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90
Ордена Трудового Красного Знамени
1-я типография издательства "Наука",
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12