

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/373692520>

Монография-путеводитель полевой экскурсии всероссийской научно-практической конференции "Мерзлотные почвы в антропоцене" (20-26 августа, 2023)

Book · August 2023

CITATIONS

0

READS

132

7 authors, including:



[Alexey V. Lupachev](#)

Russian Academy of Sciences

80 PUBLICATIONS 887 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[E. V. Abakumov](#)

Saint Petersburg State University

392 PUBLICATIONS 2,584 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Alexander Pavlovich Ginzburg](#)

Institute of Physical Chemical and Biological Issues in Soil Science RAS

27 PUBLICATIONS 52 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[S. Goryachkin](#)

Russian Academy of Sciences

105 PUBLICATIONS 3,497 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПОЛЕВОЙ ЭКСКУРСИИ

Салехард
2023



МЕРЗЛОТНЫЕ
ПОЧВЫ
В АНТРОПОСЕНЕ

Рабочая группа по мерзлотным почвам Международного союза наук о почвах

Ямало-Ненецкий автономный округ

Научный центр изучения Арктики

Российский центр освоения Арктики

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

Санкт-Петербургский государственный университет

Институт географии РАН

Почвенный институт им. В.В. Докучаева

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Всероссийское общество почвоведов им. В.В. Докучаева

Всероссийская научно-практическая конференция МЕРЗЛОТНЫЕ ПОЧВЫ В АНТРОПОЦЕНЕ

20-26 августа, 2023

Салехард-Лабытнанги, ЯНАО, Россия

ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПОЛЕВОЙ ЭКСКУРСИИ

УДК 631.4 (063)
ББК 40.3 я 43
М 52

Целью всероссийской научно-практической конференции «Мерзлотные почвы в антропоцене» является обсуждение и поиск путей решения дискуссионных вопросов, касающихся мерзлотного почвоведения полярных регионов, а также обозначение новых актуальных проблем. Особое внимание уделяется вопросам генезиса, эволюции, функционирования мерзлотных почв в условиях изменяющегося климата. Путеводитель позволит получить широкое представление о почвенном покрове и о некоторых типах почв в районе проведения полевой экскурсии, что в совокупности поможет в решении поставленных перед участниками конференции задач и позволит выработать дальнейшую стратегию изучения криогенных почв и подстилающих их многолетнемерзлых пород.

Луначев А.В., Абакумов Е.В., Гинзбург А.П., Горячкин С.В., Жангуров Е.В., Лесовая С.Н., Лаптева Е.М., Моргун Е.Н., Низамутдинов Т.И., Исаев В.С., Соколов А.А., Шамрикова Е.В. Мерзлотные почвы в антропоцене. Монография-путеводитель полевой экскурсии Всероссийской научно-практической конференции «Мерзлотные почвы в антропоцене» (Салехард-Лабытнанги, ЯНАО, Россия, 20-26 августа 2023). Салехард, 2023.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Д.б.н. Бадмаев Н.Б. (Институт общей и экспериментальной биологии
СО РАН, Улан-Удэ, Россия)

Д.г.н. Каверин Д.А. (ИБ ФИЦ НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия)

Автор фотографии обложки - Локтев Р.И.

Проведение конференции, полевой экскурсии и публикация путеводителя осуществлены при финансовой поддержке Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа.

ISBN 978-5-8042-0837-1

© Научный центр изучения Арктики, 2023
© Авторы, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА	7
Геологическое строение	7
Рельеф и гидрография	7
Климат.....	8
Растительность и ландшафты	8
Глава 2. ПОЧВЫ И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ РЕГИОНА	10
Глава 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ПОЛЕВОЙ ЭКСКУРСИИ	19
Общие закономерности распространения почв в предгорной и горной части массива Рай-Из	22
Пояс лиственничных лесов и редколесий	23
Почвы предгорий и горных тундр	24
Гольцовый пояс.....	33
Ключевой участок «Карбоновый полигон “Семь лиственниц”	41
Факторы почвообразования в районе карбонового полигона «Семь лиственниц»	42
Почвы и почвенный покров территории вблизи карбонового полигона «Семь лиственниц» (литературные данные)	44
Органогенные и минеральные криогенные почвы карбонового полигона «Семь лиственниц»: стволовое, отдельное и типовое разнообразие	46
Арктический научно-исследовательский стационар института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук	56
Городские и агрогенные почвы криолитозоны, почвы парковых зон, обрабатываемые и залежные почвы сельскохозяйственных угодий. Ключевой участок «Ямальская опытная станция, г. Салехард»	58

ВВЕДЕНИЕ

Всероссийская научно-практическая конференция «Мерзлотные почвы в антропоцене» проходит на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (г. Салехард, г. Лабытнанги) 20–26 августа 2023 года. Принимающей организацией является департамент внешних связей Правительства ЯНАО, а также Научный центр изучения Арктики г. Салехарда.

Конференция сфокусирована на обсуждении влияния глобального и локального антропогенного воздействия на мерзлотные почвы как в мире в целом, так и в Российской Арктике и, в частности, на территории ЯНАО.

Научная тематика мероприятия тесно связана с историческим и с современным развитием ЯНАО и затрагивает экологические проблемы освоения природных ресурсов и восстановления природной среды после фактических или прогнозируемых нарушений экосистем.

В рамках конференции «Мерзлотные почвы в антропоцене» проводится двухдневная полевая почвенно-мерзлотная экскурсия, состоящая из следующих этапов (рис. 1):

1. 25 августа (пятница, первая половина дня). Ключевой участок «Рай-Из, Харп». Криогенные почвы предгорий Полярного Урала, криогенные процессы и формирование мерзлотного микро рельефа.

2. 25 августа (пятница, вторая половина дня). Ключевой участок «Семь лиственниц, Лабытнанги», посещение стационара Института экологии растений и животных УрО РАН. Презентация деятельности карбонового полигона «Семь лиственниц», текущие наблюдения на полигоне, строение почв и почвенного покрова равнинных территорий лесотундровой зоны Нижней Оби.

3. 25 августа (пятница, 18:30-21:00). Товарищеский ужин. Ночевка в г. Салехарде.

4. 26 августа (суббота, первая половина дня). Экскурсия «Озеленение городских пространств в условиях Арктики».

5. 26 августа (суббота, вторая половина дня). Ключевой участок «Ямальская опытная станция, г. Салехард. Городские и агрогенные почвы криолитозоны, почвы парковых зон, обрабатываемые и залежные почвы сельскохозяйственных угодий».

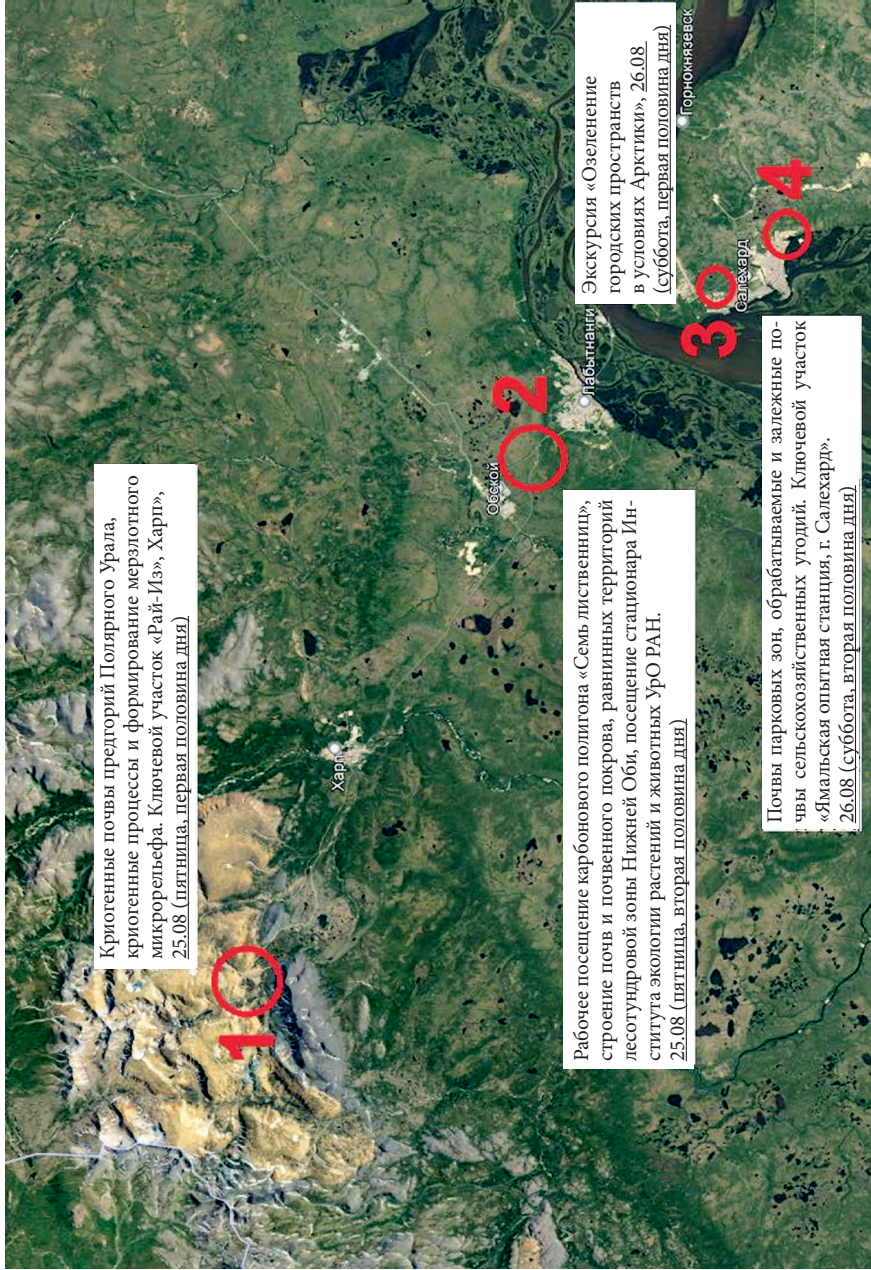
Целью всероссийской научно-практической конференции «Мерзлотные почвы в антропоцене» является обсуждение и поиск путей решения дискуссионных вопросов, касающихся мерзлотного почвоведения полярных регионов, а также обозначение новых актуальных проблем.

Особое внимание уделяется вопросам генезиса, эволюции, функционирования мерзлотных почв в условиях изменяющегося климата, рассматриваются неблагоприятные почвенные и криогенные процессы и явления, которые могут негативно сказаться на эксплуатации инженерных сооружений и коммуникаций. Кроме этого, в рамках мероприятия поднимается ряд вопросов, связанных с новой классификацией почв России (2004, 2008) и Международной классификацией почв (WRB, 2022).

Район исследования выбран таким образом, чтобы показать особенности криогенного почвообразования в восточных предгорьях Полярного Урала, на равнинных территориях пойменного комплекса р. Оби, а также на сельскохозяйственных землях в пределах города Салехарда.

Почвенная экскурсия носит комплексный характер: почвы и почвенный покров изучались методом почвенного профилирования на опорных точках в характерных ландшафтах с последующим погоризонтным анализом морфологического строения на макро- и микроуровнях, а также анализом их физико-химических свойств; были изучены микро рельеф и растительный покров.

Путеводитель позволит получить широкое представление о почвенном покрове и о некоторых типах почв в районе проведения полевой экскурсии, что в совокупности поможет в решении поставленных перед участниками конференции задач и позволит выработать дальнейшую стратегию изучения криогенных почв и подстилающих их многолетнемерзлых пород.



Криогенные почвы предгорий Полярного Урала, криогенные процессы и формирование мерзлотного микрорельефа. Ключевой участок «Рай-Из», Харби», 25.08 (пятница, первая половина дня)

Рабочее посещение карбонового полигона «Семь лиственниц», строение почв и почвенного покрова, равнинных терригорий лесоступенчатой зоны Нижней Оби, посещение стационара Института экологии растений и животных УрО РАН. 25.08 (пятница, вторая половина дня)

Почвы парковых зон, обрабатываемые и залежные почвы сельскохозяйственных угодий. Ключевой участок «Ямальская опытная станция, г. Салехард». 26.08 (суббота, вторая половина дня)

Экскурсия «Озеленение городских пространств в условиях Арктики», 26.08 (суббота, первая половина дня)

Рис. 1. Основные этапы полевой почвенно-мерзлотной экскурсии.

Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА Геологическое строение

Район имеет сложное строение, стратифицированные образования (уралиды) осложнены интрузивными и вулcano-интрузивными комплексами. Уралиды имеют триасовый возраст и представлены конгломератами, гравелитами, песчаниками и алевролитами. Интрузивные комплексы сложены габбро среднего-позднего девона. Вулcano-интрузивные комплексы характеризуются преобладанием сиенитов и трахитов, которые датируются поздним девонем-ранним карбоном.

Четвертичные отложения характеризуются дифференциацией по стратиграфии и генезису. К среднему неоплейстоцену относятся морские и ледово-морские отложения (суглинки, диамиктон, глины, супеси) и морские отложения междуречного террасового уровня (абсолютные высоты 85-110 м) – регрессивные пески с прослоями и линзами супесей, суглинков, местами с линзами гравия и гальки. Отложения верхнего неоплейстоцена представлены осадками морского генезиса, приуроченными к четвёртой морской террасе (пески, суглинки, алевроиты, глины), и озёрно-аллювиального происхождения третьей надпойменной террасы (пески, супеси, суглинки). Наиболее молодым типом отложений является аллювий пойменных террас, который относится к верхнему неоплейстоцену – голоцену (пески, супеси, галечники).

Рельеф и гидрография

Территория расположена в предгорьях восточного склона Полярного Урала и относится к области слабых неотектонических движений платформенного типа. По происхождению рельеф представлен морскими и ледово-морскими, аллювиальными и озёрно-аллювиальными формами. К первому типу относятся террасированные равнины с абсолютными отметками 85-115 м, а ко второй группе – вторая и третья надпойменные террасы с высотами 15-30 м и пойма.

Район проведения экскурсий относится к бассейну реки Оби. Вторая наиболее крупная река в пределах экскурсионного маршрута территории – Харбей. Речная сеть характеризуется средней густотой (коэффициент густоты речной сети менее 0,4 км/км²). Испарение с водной поверхности составляет 200-250 мм в год. Годовой сток составляет 300-320 мм, минерализация речных вод – 60-80 мг/л, а их химический состав является преимущественно гидрокарбонатно-кальциевым.

Климат

Согласно агроклиматическому районированию, изучаемая территория расположена в субарктическом поясе, южнотундровой полосе, Южно-Ямальской зоне. Суммарная солнечная радиация составляет 1400 МДж/м². Средняя температура воздуха в январе – около -22°C, в июле +13°C, среднегодовая температура – -7°C, абсолютный минимум температуры составляет -54°C. Среднегодовое количество осадков составляет 450 мм. Среднегодовая температура поверхности почвы составляет -7°C, а высота снежного покрова – около 30-50 см.

Геокриологические условия

Южные границы сплошной и прерывистой криолитозоны в Западной Сибири расположены значительно южнее, чем на Восточно-Европейской равнине. Зона сплошной криолитозоны совпадает с зонами тундры и северной лесотундры, а на востоке Западной Сибири северная тайга также затронута сплошной криолитозонной. На северо-западе Западной Сибири южная граница поверхностной мерзлоты совпадает с изотермой температуры воздуха -3°C, а на северо-востоке – с изотермой -4°C. Температура вечной мерзлоты снижается примерно на 1°C на 100 км с юга на север.

В южной части полуострова Ямал под тундровыми и лесотундровыми сообществами температура вечной мерзлоты колеблется от -2 до -5°C (Мельников, Гречищев, 2002). Сомкнутые талики образуются под озерами и руслами рек.

Кровля вечной мерзлоты опускается на глубину 3-12 м в кустарниковых и лесистых частях пойм, под узкими глубокими лощинами и долинами небольших рек, где зимой активно накапливается снег. Мощность вечной мерзлоты колеблется в широких пределах: от 120 м на периодически затопляемых участках, примыкающих к Обской пойме, до 300 м на водоразделах. Сезонная глубина протаивания в лесотундре составляет 0,5-0,8 м на органических почвах, 0,7-1,5 м на суглинистых, 0,9-1,8 м на супесях и 1,4-2,5 м на песчаных почвах (Мельников, Гречищев, 2002). Льдистость довольно высока, особенно в заболоченных районах с торфонакоплением.

Растительность и ландшафты

В ареалах тундр, на водораздельных пространствах распространены мелкоконтурные арктические травяные, травяно-моховые (*Carex rotundata*, *Eriophorum polystachion*, *Calliergon cordifolium*), полигонально-валиковые (*Carex rariflora*, *Drepanocladus aduncus*, *Carex chordorrhiza*, *Sphagnum balticum*) и полигонально-трещинова-

тые (*Carex rotundata*, *Sphagnum balticum*, *Ledum decumbens*, *Cladina rangiferina*) болота (заболоченность территории около 20-25%).

В лесотундровой зоне, на водоразделах представлены ерниковые и ивняковые кустарничково-лишайниково-зеленомошные (*Aulacomnium turgidum*, *Tomentypnum nitens*, *Cladina arbuscula*, *C. Rangiferina*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitisidaea*) бугорковатые тундры. В долинах рек распространены ряды сообществ осоково-мелкоивняковых болот (*Carex aquatilis*, *Salix lanata*), соровой растительности (*Arctophila fulva*, *Beckmannia eruciformis*, *Eleocharis acicularis*), соровых лугов (*Agrostis stolonifera*, *Beckmannia eruciformis*, *Equisetum fluviatile*) на участках низкого экологического уровня в пойме нижнего течения Оби.

Территория исследования относится к двум типам ландшафтов. Ландшафты террасовых низин представлены Обско-Южноямальскими плоскозападными равнинами с берёзово-лиственничными редколесьями. Низкогорные и предгорные ландшафты определены как малоуральские грядово-увалистые и сопочные предгорья и низкогорья, сложенные метаморфическими и эффузивными скальными породами с мохово-лишайниково-кустарничковыми тундрами.

Сельскохозяйственное и промышленное освоение

Крупнейшие газовые месторождения Западной Сибири расположены в Уренгое, Ямбурге и в районе Медвежьего. Относительно недавно начато освоение еще одного крупного газового месторождения на полуострове Ямал — Бованенково. Газовые месторождения связаны с российскими и европейскими потребителями крупнейшей в мире газотранспортной системой. Трубопроводы этой системы пересекают ландшафты Западно-Сибирской равнины и Урала. Строители столкнулись с множеством проблем при прокладке трубопроводов. Во-первых, им предстояло пересечь Урал, высокий горный хребет с вершинами, возвышающимися почти на 2000 метров. Во-вторых, они имели дело с неустойчивыми грунтами на болотах и топях Западно-Сибирской равнины. В-третьих, им предстояло пересечь русло Оби и многочисленные притоки более мелких рек. В тундре и лесотундре строители столкнулись с проблемой вечной мерзлоты. Помимо всех естественных трудностей, строители трубопроводов должны были учитывать традиционное хозяйство коренных народов, основанное на оленеводстве, рыболовстве и охоте. Потеря пастбищных угодий в районе газовых месторождений и трубопроводов повлияла на нагрузку на другие пастбища, что привело к чрезмерному выпасу скота.

Глава 2. ПОЧВЫ И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ РЕГИОНА

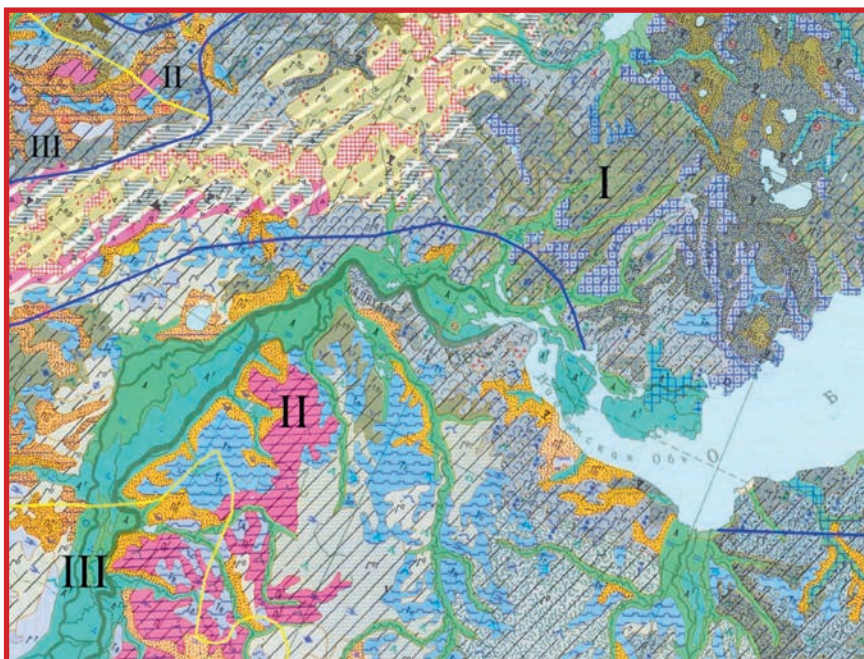





Рис. 2. Почвенная карта РСФСР масштаба 1:2500000 (Фридланд с соавторами, 1988; оцифровка Почвенного ин-та имени В.В. Докучаева; скорректированная цифровая версия, 2007 - фрагмент)

ПОЧВЫ ТУНДР		
	Арктотундровые перегнойно-глеевые (глееземы перегнойные тундровые)	Глееземы перегнойные криотурбированные
	Тундровые поверхностно-глеевые дифференцированные торфянисто-перегнойные (глееземы дифференцированные, в том числе оподзоленные тундровые)	Глееземы торфянистые и торфяные надмерзлотно-глеевые криотурбированные
	Подбуры темные тундровые	Подбуры иллювиально-гумусовые типичные и грубогумусовые
	Подбуры тундровые (без разделения)	Подбуры иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые типичные и грубогумусовые
ПОЧВЫ ТАЙГИ		
	Тажные глеевые торфянисто-перегнойные (глееземы торфянисто-перегнойные тажные)	Глееземы торфянисто-перегнойные криотурбированные
	Тажные глеевые и глееватые недифференцированные (глееземы тажные)	Глееземы торфянистые и торфяные криотурбированные
	Тажные глеево-дифференцированные (глееземы и слабоглеевые дифференцированные, в том числе оподзоленные тажные)	Глееземы оподзоленные криотурбированные
	Тажные глеево-дифференцированные торфянистые (глееземы и слабоглеевые дифференцированные торфянистые, в том числе оподзоленные тажные)	Торфяно-глееземы оподзоленные криотурбированные
	Глее-подзолистые	Подзолы иллювиально-гумусовые/Глееподзолистые
	Торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые	Торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые и торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые конкреционные
	Подзолы иллювиально-железистые (подзолы иллювиально-малогумусовые)	Подзолы иллювиально-железистые
	Подзолы иллювиально-гумусовые (подзолы иллювиально-многогумусовые)	Подзолы иллювиально-гумусовые
	Подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые без разделения (подзолы иллювиально-мало- и многогумусовые)	Подзолы иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые

	Подзолы глеевые торфянистые и торфяные, преимущественно иллювиально-гумусовые	Торфяно-подзолы глеевые иллювиально-гумусовые
ГИДРОМОРФНЫЕ ПОЧВЫ		
	Торфяные болотные верховые	Торфяные олиготрофные
	Торфянисто- и торфяно-глеевые болотные (глееземы торфянистые и торфяные болотные)	Торфяно-глееземы криотурбированные
	Торфяные болотные переходные	Торфяные мезотрофные
ПОЙМЕННЫЕ И МАРШЕВЫЕ ПОЧВЫ		
	Пойменные кислые	Аллювиальные гумусовые и аллювиальные гумусовые глееватые
	Пойменные заболоченные	Аллювиальные перегнойно- и торфяно-глеевые
	Маршевые засоленные и солонцеватые	Перегнойные квазиглееватые и квазиглеевые и солончаки сульфидные
ПОЧВЫ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ		
	Горные примитивные	Петроземы протогумусовые
КРИОГЕННЫЕ ПОЧВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ		
БУГОРКОВЫЕ КОЧКАРНИКОВЫЕ		
	Арктотундровые перегнойно-глеевые, почвы пятен и тундровые глеевые торфянистые и торфяные	Глееземы типичные поверхностно-глеевые криотурбированные, глееземы криоабрадированные пятен и торфянистые и торфяные бугорков
	Арктотундровые и тундровые слабооглеенные гумусные, почвы пятен и тундровые глеевые торфянистые и торфяные	Глееземы грубогумусовые надмерзлотно-глеевые криотурбированные, глееземы криоабрадированные пятен и глееземы торфянистые и торфяные бугорков
	Тундровые глеевые торфянистые и торфяные, торфянисто- и торфяно-глеевые болотные и почвы пятен	Глееземы торфянистые и торфяные поверхностно-глеевые криотурбированные, глееземы торфянистые и торфяные бугорков и глееземы криоабрадированные пятен

	Тундровые глеевые торфянисто-перегнойные, тундровые глеевые торфянистые и торфяные	Глееземы торфянисто-перегнойные поверхностно-глеевые криотурбированные и глееземы торфянистые и торфяные бугорков
	Тундровые поверхностно-глеевые дифференцированные торфянисто-перегнойные тундровые глеевые торфянистые и торфяные	Глееземы торфянисто-перегнойные поверхностно-глеевые криотурбированные и глееземы торфянистые и торфяные бугорков
	Подбуры светлые тундровые, тундровые глеевые торфянистые и торфяные и почвы пятен	Подбуры иллювиально-железистые типичные и грубогумусовые, торфяно-подбуры бугорков и подбуры криоабрадированные пятен
	Подбуры темные тундровые, тундровые глеевые торфянистые и торфяные и почвы пятен	Подбуры иллювиально-гумусовые типичные и грубогумусовые, торфяно-подбуры бугорков и подбуры криоабрадированные пятен
	Подбуры тундровые (без разделения), тундровые глеевые торфянистые и торфяные и почвы пятен	Подбуры иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые типичные и грубогумусовые, торфяно-подбуры бугорков и подбуры криоабрадированные пятен
НЕУПОРЯДОЧЕННО-ПЯТНИСТЫЕ		
	Тундровые поверхностно-глеевые дифференцированные, тундровые глеевые торфянисто-перегнойные и почвы пятен	Глееземы оподзоленные поверхностно-глеевые криотурбированные, глееземы перегнойно-торфянистые западин и глееземы криоабрадированные пятен
	Таежные глеевые и глееватые недифференцированные и почвы пятен	Глееземы криотурбированные и глееземы криоабрадированные пятен
	Таежные глеевые торфянисто-перегнойные и почвы пятен	Глееземы торфянисто-перегнойные криотурбированные и глееземы криоабрадированные пятен
	Таежные глеево-дифференцированные и почвы пятен	Глееземы оподзоленные криотурбированные и глееземы криоабрадированные пятен

ПОЛИГОНАЛЬНО-ТРЕЩИННЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ К ВАЛИКОВЫМ		
	Глееземы арктические и почвы мерзлотных трещин	Глееземы торфянистые и торфяные криотурбированные и торфянистые и торфяные почвы криогенных трещин
	Пойменные заболоченные и почвы мерзлотных трещин	Аллювиальные перегнойно- и торфяно-глеевые и торфянистые и торфяные почвы криогенных трещин
ПОЛИГОНАЛЬНО-ВАЛИКОВЫЕ		
	Торфянисто- и торфяно-глеевые болотные, тундровые глеевые торфянистые и торфяные и почвы мерзлотных трещин	Торфяно-глееземы, глееземы торфянистые валиков и торфянистые и торфяные почвы трещин
	Торфяные болотные переходные, тундровые глеевые торфянистые и торфяные и почвы мерзлотных трещин	Торфяные мезотрофные, глееземы и торфянистые и торфяные почвы криогенных трещин
ПЛОСКОБУТРИСТЫЕ		
	Торфяные болотные верховые и торфяные болотные деградирующие (минерализующиеся)	Торфяные олиготрофные и торфяные деструктивные
	Торфяные болотные переходные и торфяные болотные деградирующие (минерализующиеся)	Торфяные мезотрофные и торфяные деструктивные
ГРЯДОВО-МОЧАЖИННЫЕ		
	Торфяные болотные верховые и торфяные болотные переходные	Торфяные олиготрофные и торфяные мезотрофные
ГРЯДОВО-ОЗЕРКОВЫЕ		
	Торфяные болотные верховые и торфяные болотные переходные с мелкими термокарстовыми озерами	Торфяные олиготрофные и торфяные мезотрофные с мелкими озерами
НЕПОЧВЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ		
	Пески	Пески
	Каменные россыпи	Каменные россыпи/Петроземы протогумусовые
ПОЧВООБРАЗУЮЩИЕ ПОРОДЫ		
	Глинистые и суглинистые	
	Глинистые и суглинистые щебнистые	

	Супесчаные и песчаные	
	Слоистые	
	Плотные и щебнистые	
МЕРЗЛОТНЫЕ УСЛОВИЯ		
I	Сплошная мерзлота (> 90%)	
II	Прерывистая мерзлота (50–90%)	
III	Островная мерзлота (<50%)	

Почвенный покров Севера требует пристального внимания в условиях возрастающих геополитических и экологических рисков. Особый интерес в изучении природы Арктики представляет Ямало-Ненецкий автономный округ, где осуществляются чрезвычайно масштабные и в различной степени наукоемкие программы освоения природной среды и месторождений полезных ископаемых. Освоение новых месторождений газа коснется как уже в существенной степени освоенного полуострова Ямал, так и во многом сохранившего свои природные экосистемы полуострова Гыдан. Промышленное и ресурсодобывающее освоение территорий требует внедрения элементов экологизированного менеджмента в процессы природопользования. В связи с этим крайне актуальной становится проблема оценки природного био- и педоразнообразия на участках, подверженных антропогенным рискам, и на участках, где предполагается сохранение (вероятностное и целенаправленное) референс-ландшафтов, компоненты среды которых будут использоваться в будущем для экологического и биогеохимического мониторинга. Почвы Ямальского региона (рис. 2) изучены недостаточно (Васильевская, 1980; Алексеев и др., 2015; Ejarque, Abakumov, 2016), что с учетом масштабности и протяженности региона делает почвенно-экологические, почвенно-химические и почвенно-таксономические исследования особенно актуальными. Инвариантное разнообразие и пространственная динамика факторов почвообразования приводит к тому, что почвообразовательный потенциал среды выражается в формировании десятков типов почв.

На полуостровах Ямал и Гыдан почвы представлены преимущественно глееземами, криоземами, торфяно-глееземами. Это связано с повышенной гидроморфностью ландшафтов и преобладанием относительно выровненных форм рельефа. В тех случаях, когда рельеф достаточно расчленен, на дренированных склонах и примыкающих к ним плакорах формируются криоземы. В долинах и ложбинах появляются стратоземы. По берегам Оби нередко криоземы и криоглееземы с вложенными профилями альфегумусовых почв, что связано с облегчением гранулометрического состава верхнего слоя, обусловленного эоловым фактором. Также тип альфегумусовых почв широко представлен в случае выхода песчаных и супесчаных отложений на поверхность, что распространено в окрестностях Салехарда и Лабытнанги. К этим ареалам приурочены ареалы агрогенных почв, используемых местным населением для выращивания сельхозпродукции. Также широко распространены альфегумусовые почвы на склонах Полярного Урала, где они представлены преимущественно подбурами, реже встречаются подзолы. Лайды представлены в основном торфяными почвами и торфяно-глееземами. Эти почвы занимают обширные речные долины и понижения. Лесотундровая часть ЯНАО представлена в основном альфегумусовыми почвами и криоземами оглеенными. В южной части округа распространены сочетания альфегумусовых и торфяных почв, текстурно-дифференцированные почвы здесь, как и в других регионах ЯНАО, редки. Южнее Салехарда нередко образования гидролакколитов, перекрытые торфяной толщей органогенного материала.

На равнинах почвообразующие породы представлены глинистыми и суглинистыми отложениями морского генезиса, под которыми обнаруживается слой многолетнемерзлых пород. В условиях предгорий Полярного Урала и самого Полярного Урала почвообразующие породы представлены коллювием плотных магматических пород, в речных поймах – аллювием (часто завалуненным).

Благодаря многолетнемерзлым породам в почвах формируется застойный водный режим. Он ограничивает сток избытков гравитационных форм влаги за пределы почвенного профиля. В связи с застойным увлажнением развивается процесс контактного надмерзлотного оглеения. Оглеение распространяется также на весь профиль, локализуясь в отдельных участках или охватывая всю почвенную толщу. С этим связано формирование характерных для района исследования почв – глееземов. Кроме процессов оглеения

в исследованных почвах развиты также процессы криогенного массообмена, связанные с воздействием многолетней мерзлоты на почвенную толщу. Они выражаются в перемешивании почвенной толщи, гомогенизации профиля почвы. В почвах равнинной части района исследований следующие почвообразующие процессы являются основными: торфообразование и торфонакопление, редоксиморфизм, глеевый процесс (в разной степени проявления), альфегумусовый процесс (чаще развивается слабо). Довольно часто в почвенной толще проявляются признаки тиксотропии.

Почвенный покров Полярного Урала и его предгорий отличаются большой специфичностью, связанной с воздействием на почвообразующие процессы как многолетней мерзлоты, так и характера почвообразующих пород (коллювий плотных магматических пород). Почвы отличаются меньшей мощностью профиля, большей степенью завалуненности, малой мощностью верхних горизонтов. Отдельно стоит сказать о почвах, развивающихся в кольцах пучения. Здесь наиболее сильное развитие получает процесс криогенного массообмена.

Анализ полученных данных по активной кислотности показал, что около 20% образцов сильнокислые (рН 3,5-4,5). Это, в первую очередь, образцы из торфяных почв с хорошо развитыми процессами торфообразования и торфонакопления. Около 30% изученных образцов кислые (рН 4,5-5,5). Такие пробы собраны преимущественно из средних горизонтов почв на дренированных участках или на местных водоразделах. Примерно 45% образцов характеризуются слабокислой (рН 5,5-6,5) реакцией среды.

Это характерно, прежде всего, для образцов из нижних горизонтов почв на хорошо дренированных участках. Наконец, около 5% образцов характеризуются нейтральной (рН 6,5-7,0), слабощелочной (рН 7,0-7,5) или щелочной (рН 7,5-8,5) реакцией среды.

Анализ полученных данных по обменной кислотности показал следующие результаты. Доминируют (около 75%) образцы с очень кислой (рН < 4,5) реакцией среды. Примерно 15% образцов характеризуются кислой (рН 4,5-5,0) реакцией среды. 10% образцов характеризуются слабокислой (рН 5,0-5,5) или нейтральной (рН 5,5-6,0) реакцией среды.

В результате проведенных ранее исследований (Алексеев и др., 2016) установлено содержание тяжелых металлов в почвах населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа. Главной характерной особенностью изученных почв является повышенное содер-

жание мышьяка, что свидетельствует о повышенном региональном фоне. Почвы пос. Харп характеризуются превышением ОДК по содержанию меди и никеля в большинстве проб. Практически все почвенные пробы характеризуются допустимым уровнем загрязнения (<1000 мг/кг). На настоящий момент довольно остро встает проблема создания нормативного акта, регулирующего допустимые концентрации углеводов в почвах и отражающего особенности Ямальского региона. В ходе проведенной статистической обработки результатов по среднему содержанию тяжелых металлов и углеводов для слоя 0-20 см исследованных почв населенных пунктов статистически значимые различия были выявлены только по содержанию трех элементов (Cu, Zn, Ni).

Почвенный покров в пределах изученных территорий представляет собой сложное сочетание различных типов почв, формирующихся под влиянием сурового климата, относительно плоского рельефа с небольшими колебаниями относительных высот, осложненного различными мерзлотными явлениями, и многолетнемерзлых пород. Полученные результаты свидетельствуют о том, что процессы формирования почвенного покрова изученной территории находятся под непосредственным влиянием многолетней мерзлоты.

Алексеев, И.И., Абакумов, Е.В., Томашуна, В.М. Катенарная дифференциация почв предгорий Полярного Урала на примере участка в районе р. Халяталбей (приток р. Щучья) / И.И. Алексеев, Е.В. Абакумов, В.М. Томашун. - Текст: непосредственный // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2015. – № 4. Т.24. – С. 146-149.

Алексеев, И.И., Абакумов, Е.В., Шамилишвили, Г.А., Лодыгин, Е.Д. Содержание тяжелых металлов, мышьяка и углеводов в почвах населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа. Гигиена и санитария. / И.И. Алексеев, Е.В. Абакумов, Г.А. Шамилишвили, Е.Д. Лодыгин. 2016; 95(9): 818-821. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-9-818-821> (дата обращения 10.06.2023). - Текст: электронный.

Васильевская, В.Д. Почвообразование в тундрах Средней Сибири / В.Д. Васильевская. — М.: Наука, 1980. - Текст: непосредственный.

Ejarque E., Abakumov E. Stability and biodegradability of organic matter from Arctic soils of Western Siberia: insights from ¹³C-NMR spectroscopy and elemental analysis / E. Ejarque, E. Abakumov. – doi: 10.5194/se-7-1532016. // Solid Earth. – 2016. – №7. –Р. 153–165.

Глава 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ПОЛЕВОЙ ЭКСКУРСИИ

Криогенные почвы предгорий Полярного Урала, криогенные процессы и формирование мерзлотного микрорельефа. Ключевой участок Рай-Из.



Рис. 3. Ландшафты массива Рай-Из: а) точки наблюдения на снимке из космоса; б) предгорья массива Рай-Из и горы Черной (общий вид).

Рай-Из представляет собой горный массив, площадью 380 кв.км, расположенный вблизи Полярного круга (рис. 3).

Это один из крупных ультрабазитовых (то есть сложенных ультраосновными породами) массивов Полярного Урала. Массив был открыт в 1913 году геологом, сотрудником Арктического института, Н.А. Куликом. Ультраосновные магматические горные породы (ультрабазиты, гипербазиты) — отряд магматических горных пород, выделяемый по содержанию кремнезёма (SiO₂), которое варьируется в пределах 30-45%. В большинстве случаев породы отряда содержат много MgO. Породообразующими минералами отряда являются оливин, клинопироксен (диопсид, геденбергит), ортопироксен (энстатит, бронзит, гиперстен), хромшпинелид, роговая обманка.

Для ультрабазитов характерен полный или частичный переход оливина и пироксена в серпентиновые минералы (хризотил, антигорит, лизардит) — магнево-железистые гидросиликаты с общей формулой Mg₃(Si₂O₅)(OH)₄ — с образованием серпентинитов, которые относятся уже к метаморфическим породам.

Ультраосновные породы являются наименее распространённым отрядом магматических пород в земной коре и часто встречаются в составе расслоённых интрузий. В то же время в мантии они выступают основным и важнейшим субстратом. Породы Рай-Иза относятся к дунит-гарцбургитовому комплексу и представлены дунитами, гарцбургитами (гарцбургиты — перидотиты с ромбическим пироксеном) и дунит-гарцбургитами. Местами здесь проявляется серпентинизация.

Вопросы генезиса, диагностики и классификации почв, высотно-поясной дифференциации почвенного покрова и роли пестроты минералогического состава почвообразующих пород почв горной ландшафтной зоны Полярного Урала, несмотря на длительную историю исследований (Таргульян, 1971; Фирсова, Дедков, 1983; Лесовая и др., 2012; Alekseev, Abakumov, 2022), до сих пор остаются слабоизученными. Данные о пространственном размещении типов и подтипов почв в системе высотного градиента от подножия до вершины склона горных хребтов Полярного Урала являются единичными (Алексеев и др., 2015; Дымов, Жангуров, 2011; Жангуров и др., 2023). Здесь выражены четыре высотных пояса растительности: лесной, подгольцовый, горнотундровый и холодных гольцовых пустынь (Горчаковский, 1975). Лесной пояс занимает высоты в 100-200 м над уровнем моря и представлен сообществами северотаежных еловых и лиственничных лесов с примесью березы. Подгольцовый пояс со-

ответствует нижним частям склонов (200-300 м) и в основном представлен лиственничными редколесьями из *Larix sibirica*. В качестве небольшой примеси в древостоях нижней части пояса встречается ель сибирская (*Picea obovata*). Выше 300 м над уровнем моря распространены горные тундры, которые на Полярном Урале расположены ниже по сравнению с Приполярным и Северным Уралом и другими горными сооружениями северной Евразии (Юрцев и др., 2001; Катаева, 2013). В горных тундрах вследствие контрастности экологических условий, особенно в низкогорной части, почвенный покров отличается большой комплексностью и неоднородностью, с мозаичной структурой растительного покрова. Для гольцового пояса (> 800-900 м над уровнем моря), представляющего собой обширные поля каменных россыпей и скалистых останцов, характерно отсутствие сомкнутых растительных группировок.

В результате интенсивного выветривания горных пород, камнепадов, наличия временных водотоков и схода снежных лавин у подножий склонов образовались обширные конусы выноса из крупнообломочного материала. Из-за наличия крутых склонов древесная растительность не поднимается по горным хребтам до климатически обусловленного предела. Наряду с экспозиционными различиями, существенное влияние на состав и структуру растительных сообществ и на закономерности их высотного распределения оказывает химико-минералогический состав горных пород. Согласно литературным данным, в локальных флорах на ультраосновных массивах данного района число видов сосудистых растений уменьшается до 99-130 видов по сравнению с локальной флорой, приуроченной к кислым породам, где насчитывается 190 видов (Юрцев и др., 2001; Катаева, 2013). В этой связи сопряженное изучение ландшафтно-экологических условий почвообразования и особенностей генезиса почв в системе высотных растительных поясов является актуальной проблемой географии почв.

На Полярном Урале ультраосновными породами сложены наиболее высокие вершины массива Рай-Из, а в непосредственной близости от них находятся выходы основных пород, что позволяет рассмотреть направленность педогенеза в условиях холодного, гумидного климата в зависимости от химико-минералогических свойств пород и их устойчивости к процессам выветривания.

Изучение почв на ультрабазитах представляет интерес для понимания глобальных закономерностей распространения процессов, идущих в педосфере, а также биологических и биогеохимических

процессов, в том числе имеющих прикладное значение. Исходно высокое содержание в ультрамафитах магния, железа, ряда тяжелых металлов (Cr, Ni и др.) можно рассматривать как естественную основу модели, иллюстрирующую способность биоты приспосабливаться к высоким концентрациям веществ, являющихся пространственными загрязнителями в антропогенных ландшафтах.

В последнее время появился ряд работ, посвященных изучению почвообразованию и выветриванию на ультраосновных породах (Лесовая и др., 2012; Lessovaia, Polekhovskiy, 2009; Lessovaia et al., 2012; 2016; Жангуров и др., 2023), материал которых и лег в основу данного путеводителя.

Общие закономерности распространения почв в предгорной и горной части массива Рай-Из

Предгорная часть массива находится в основном в таежной зоне, и лишь небольшие острова (лесо)тундры встречаются на этом уровне, как будет показано далее.

В таежной зоне преобладают основные интрузивные породы, преимущественно габбро, и их дериваты. В моренных отложениях имеют место примеси осадочных пород. Здесь среди дренированных почв встречаются подбурья оподзоленные и, вероятно, альфегумусовые подзолы. В переувлажненных условиях преобладают глееземы и торфяные почвы.

На восточном склоне массива преобладают выходы рыжевато-бурых плотных ультраосновных пород в виде скопления глыб. Местами в своеобразных «ловушках мелкозема», состоящего из продуктов выветривания ультрабазитов с примесями осадочных пород, вероятно, эолового генезиса формируются дренированные суглинисто-глинистые почвы со слабыми проявлениями педогенеза и профилем W-C. Эти почвы можно отнести к пелоземам (рис. 4а).

На более высоких уровнях (600-700 м) на субгоризонтальных поверхностях также много глыб ультрабазитов, а между ними накапливается дисперсный глинистый материал под ненарушенным напочвенным осоково-лишайниково (*Cladonia spp*) - моховым (зеленые мхи) покровом. Здесь формируются глееземы грубогумусированные потечно-гумусовые с удивительно яркой сизо-зеленоватой окраской (Gley2 5BG 5/1 по Манселлу) глеевого горизонта G (рис. 4б). В самом конце июня 2007 года мерзлота была на глубине 30 см, но при максимальной протайке эти почвы к мерзлотным отнести нельзя, так как уровень ММП находится ниже контакта с глыбами плотных пород.

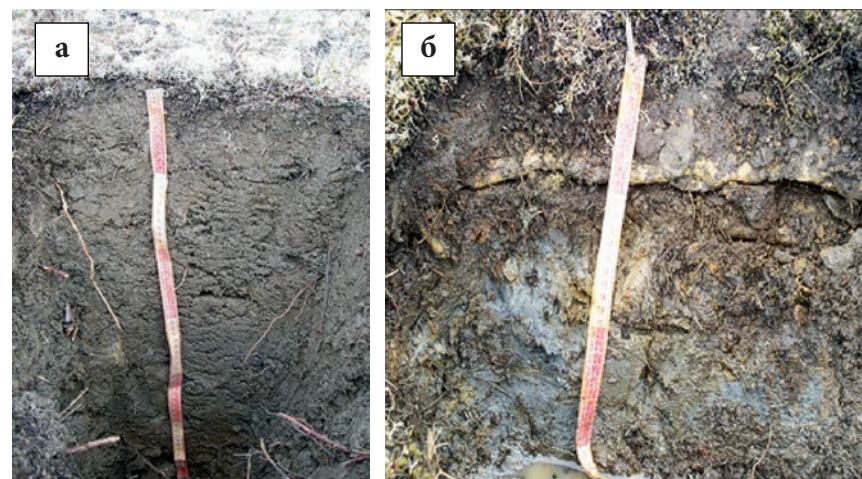


Рис. 4. Почвы горной части массива Рай-Из:

а) пелозем грубогумусированный;

б) глеезем грубогумусированный потечно-гумусовый сильнокаменистый.

Пояс лиственничных лесов и редколесий

Формируясь в экстремальных климатических условиях, древостои характеризуются невысокой (до 0.4-0.5) сомкнутостью крон, небольшими значениями таксационных показателей (высота и диаметр стволов), упрощенной вертикальной структурой (1-2 древесных полога).

Р. 1 заложен в нижней части полого склона (рис. 5). Растительное сообщество – лиственничник ерниково-голубично-воронично-зеленомошный. Строение профиля: O(0-5 см)–O_{ао}(5-7 см)–e(7-10 см)–ВНF(10-20 см)–BC(20-40 см). Почва дифференцирована на генетические горизонты и диагностируется по наличию признаков оподзоливания в виде осветленных линз (2-3 см) оподзоленного горизонта (окраска по Манселлу 5YR 7/1) с содержанием щебня до 30%. Залегающий ниже горизонт ВНF имеет желтовато-бурую окраску (10 YR 4/4-5/4) и отличается увеличением содержания мелкой дресвы и щебня при резком преобладании хорошо окатанной гальки с размерами 3-4 см. На нижней поверхности плитчатых обломков пород присутствуют тонкие Al-Fe-гумусовые пленки (10R 3/3). С 20 см скелетно-грубообломочная фракция резко преобладает (80%), содержание мелкозема крайне незначительно. Почва представляет собой подбур оподзоленный иллювиально-гумусово-железистый (2008) или Entic Podzol (Skeletal) по (WRB, 2015).



Рис. 5. Подбур оподзоленный иллювиально-гумусово-железистый (разрез 1).

Р. 2 заложен на пологом склоне северо-восточной экспозиции хребта Рай-Из на верхнем пределе распространения древесных пород. Растительное сообщество – лиственничное редколесье ерничково-кустарничково-кладониевое. Строение профиля: О(0-5 см)–Оао(5-8 см)–ВН(8-20 см)–ВС(20-30)–С(30-50 см). Органогенные горизонты состоят из слоев растительных остатков разной степени разложивности, в нижней части – грубогумусированный материал (смесь органических остатков с минеральными компонентами). Горизонт ВН имеет коричневатую-кофейную (10YR 3/3) окраску, густо пронизан корнями кустарничков. Включения уплощенной формы плиток пород, которые часто поставлены «на ребро»; на нижней стороне горизонтально ориентированных плиток имеются размытые темные аллохтонные гумусово-железистые пленки (20-30% от площади поверхности отдельно взятой породы); под щебнем обычно пустоты. В горизонтах (ВС-С) происходит постепенное возрастание дресвы (легко крошится в руках) и щебня (50-70% от площади горизонта), на нижней поверхности которых диагностируются аналогичные тонкие пленки с размытыми границами. Почва представляет собой подбур иллювиально-гумусовый (2008) или Entic Podzol (Skeletal) по (WRB, 2015).

Почвы предгорий и горных тундр

Горно-тундровые растительные сообщества занимают господствующее положение в растительном покрове в пределах высотного пояса (200-650 м над уровнем моря). Вертикальная дифференциация растительного покрова в значительной степени определяется геоморфологическими (крутизна склона) и экспозиционными условиями. Согласно авторам (Горчаковский, 1975; Нешатаева, Нешатаев, 2005) на склонах северной и северо-восточной экспозиций

Полярного Урала наблюдается снижение границ высотных поясов растительности по сравнению с южной экспозицией.

Разрез У-04-07 (рис. 6).

Ключевой участок находится в междуречье рек Енга-Ю и Кердоманшор к северу от озера Ярейты (координаты: 66° 49' 40.9" с.ш., 65° 31' 04.4" в.д.). Каменистость территории составляет 60-80%, в пределах моренной гряды наиболее крупные и хорошо окатанные валуны основных пород имеют размер до 1 м и более. На ровной поверхности выражен криогенный микрорельеф, изредка встречаются криогенные пятна-медальоны диаметром до 30-50 см.

Морфологическое описание.

Разрез У-04-07 расположен на моренной гряде, сложенной преимущественно основными породами с редкой примесью ультраосновных. Поверхность покрыта растительностью на 70-80%, это отдельные редко стоящие угнетенные лиственницы, карликовая береза, стелющаяся форма ивы, редко голубика и багульник, в напочвенном покрове дриада, редкие камнеломки, осоки, мхи, лишайник преимущественно *Cladonia* spp., встречающиеся отдельными подцетиями во мху, кустарничково-моховая тундра с осокой. Каменистость профиля составляет 60-70%. Подстилка отсутствует.

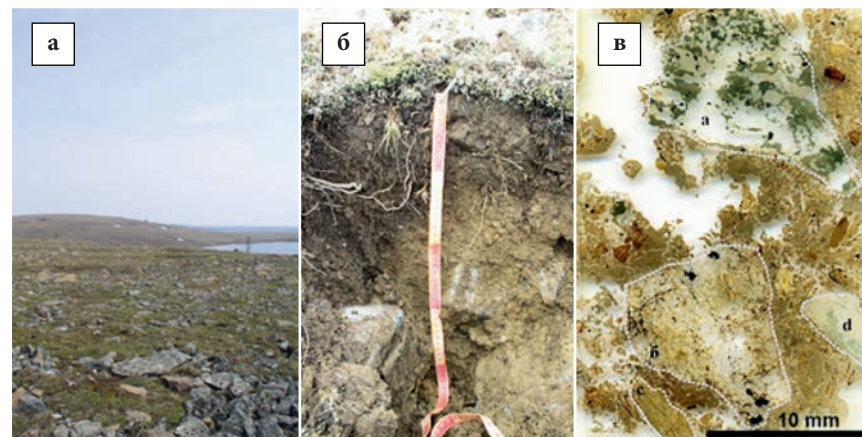


Рис. 6. Почва предгорной тундры:

а) криогенные каменные кольца на поверхности; б) профиль почвы; в) фотография шифа из горизонта ВФМ 1(2)-10 см: в мелкоземе горизонта присутствуют обломки пород различного состава (а) метагаббро-амфиболит (порода основного состава), (б) пироксенит (порода ультраосновного состава массива Рай-Из), (с) серпентинит, (д) эпидозит.

Оао 0-1(2) см, 10YR3/4, коричневато-серо-бурый, равномерно окрашен, мелкоземистая масса с коричневато-буроватым оттенком, при разминании оставляет на руке грязный след, много дресвы, пронизан тонкими корнями, граница слабоволнистая, переход заметный по изменению корней и усилению кофейного оттенка в горизонте.

BFMh 1(2)-10 см, фрагментами до 15 см, 10YR4/4, коричневато-бурый с серым оттенком, равномерно окрашен, влажный, уплотнен, непрочно-мелкокомватый, по отдельности легко разламывается при нажатии, легкий суглинок, мелкозем поблескивает отдельными зернами кварца, под глыбами пород отмечено скопление дресвы. Пленки на обломках породы часто обнаружены со всех сторон. Граница волнистая, переход ясный по цвету, много тонких корней, но меньше, чем в предыдущем горизонте.

BCm 10(15)-40 см, 10YR5/4, коричневато-бурый с палевым оттенком, по влажности такой же, более плотный, тяжелый суглинок, непрочно средне-мелко комковатый, структура похожа на плохо выраженную творожистую. В горизонте меньше дресвы, но больше более крупного материала, переход по цвету ясный, пленок нет, граница волнистая.

BCg 40-70 см, 10YR5/4, отличается сизо-ржавой окраской, наличием серо-сизых пятен с охристой окантовкой, большей влажностью, отсутствием выраженной структуры, пластинчатостью.

Таблица 1. Валовый химический состав почв. Разрез У-04-07.

Горизонт, глубина, см	Оксиды элементов, % от прокаленной навески									
	разр. У-04-07									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂
Оао 0-(2)	53,22	6,82	10,99	2,77	23,56	0,22	0,70	0,71	0,08	0,44
BFMh 2-10	53,57	7,01	11,22	2,76	22,77	0,23	0,68	0,74	0,07	0,45
BCm 10-40	59,06	8,49	10,03	2,04	17,39	0,17	1,00	0,87	0,05	0,56
BCg40-70	62,89	9,52	9,37	2,24	12,62	0,14	1,19	1,08	следы	0,65
R	52,11	17,85	13,68	5,15	7,65	0,40	0,79	1,64	0,09	0,63

Примечание: R - камни с поверхности криогенных колец.

Таблица 2. Некоторые физико-химические свойства материала почв. Разрез У-04-07.

Горизонт, глубина, см	рН		С общ, %	Обменные катионы м.-экв/ 100г		Гидролитич. кислотн, м.-экв/ 100г
	водный	солевой		Ca ²⁺	Mg ²⁺	
	разр. У-04-07					
Оао 0-2	7,1	6,0	14,5*/3,5	4,89	15,42	3,28
BFMh 2-10	7,1	5,7	2,4	2,07	12,26	3,35
BCm10-40	7,6	5,8	0,9	1,50	20,39	1,87
BCg40-70	7,4	5,3	0,6	1,50	18,08	2,11

Примечание здесь и далее: * - потери при прокаливании; «-» нет данных.

Таблица 3. Гранулометрический состав почв. Разрез У-04-07.

Горизонт, глубина, см	Содержание гранулометрических фракций, %, размер частиц, мм						
	1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
разр. У-04-07							
BFMh 2-10	16,2*	27,5	30,0	7,5	10,6	8,2	26,3
BCm 10-40	9,7	17,6	27,3	10,0	16,0	19,4	45,4
BCg 40-70	9,7	13,2	30,6	10,0	15,3	21,2	46,5

Примечание: * - корни.

Таблица 4. Формы железа, кремния и алюминия в профиле почвы. Разрез У-04-07.

Горизонт, глубина, см	Fe ₂ O ₃ d	Fe ₂ O ₃ o	Fe ₂ O ₃ p	SiO ₂ o	Al ₂ O ₃ o	Fe ₂ O ₃ o/	Fe ₂ O ₃ p/	Fe ₂ O ₃ t,
	% от массы					Fe ₂ O ₃ d,	Fe ₂ O ₃ o	%
						%	%	от прокаленной навески
разр. У-04-07								
Оао 0-2	1,90	1,10	0,10	0,20	0,21	57,89	9,09	10,99
BFMh 2-10	2,37	1,17	0,14	0,17	0,26	49,37	11,96	11,22
BCm10-40	1,66	0,78	0,08	0,12	0,22	46,99	10,26	10,03
BCg40-70	1,86	1,01	0,09	0,24	0,17	54,30	8,91	9,37

Примечание: содержание в вытяжке р – Баскомба, о – Тамма, d – Мера-Джексона, t – валовое содержание % от абсолютно сухой навески.

Почву с учетом данных по морфологии и физико-химических характеристик (Табл. 1- 4), а также генетического анализа (см. ниже) можно определить как ржавозем грубогумусированный потечно-гумусовый глееватый сильнощелочистый.

Фрагменты пород из почвенного профиля обогащены валовым железом и характеризуются основным составом по процентному содержанию SiO₂ (таблица 1). Образцы пород из профиля, а также образцы основных пород с моренной гряды идентифицируются как метагаббро-амфиболиты по минеральной ассоциации. Преобладание роговой обманки в породе является результатом замещения пироксенов по всей породе в ходе высокотемпературного регионального метаморфизма, что также обусловлено перекристаллизацией некоторых меланократовых минералов в исходной породе и появлением высокой доли кварца. Исходная порода, скорее всего, была представлена магматическим типом основного состава. Позднее амфибол был частично замещен эпидотом и хлоритом.

В шлифах из почвенных горизонтов этого профиля обломки основных и ультраосновных пород размером до 10-15 мм иллюстриру-

ют влияние пироксенита, серпентинита, метагаббро-амфиболита и эпидозита, последний сложен эпидотом. Кроме того, выявлены отдельные минералы: роговая обманка, плагиоклаз и кварц, размер которых достигает 1,5 мм. Несколько образцов горных пород, а также плагиоклаз и особенно пироксен характеризуются развитием оксидов железа вдоль трещин, отражающих вынос железа из силикатов, образующихся в цементирующем грунтовым субстрате. Таким образом, эти данные подтверждают, что почвенный профиль обогащен как основным, так и ультраосновным материалом. В отличие от ультраосновных пород, обломки основных пород менее выветрены по каймам покраснения.

Верхний горизонт Оао обогащен углеродом в основном за счет разложившегося органического вещества почвы, не связанного с минеральным веществом, что подтверждается высокой величиной потерь при прокаливании. Разрез У-04-07 имеет слабощелочную реакцию по всему профилю, несмотря на отсутствие известкового материала.

Процентное содержание MgO в валовом химическом составе, особенно в верхних горизонтах разреза, отражает влияние ультраосновного материала.

Интенсивность выветривания пород(ы) в почвенной среде иллюстрируется растворимым в оксалате Si, а также выраженным содержанием растворимого Fe. На это влияет растворение богатых железом минералов и образование почвообразующих оксидов железа. Почти 50% растворимого Fe в профиле представлено хорошо окристаллизованными оксидами, тогда как доля извлекаемого Fe пирофосфата, связанного с выходом железа из комплексов с органическим веществом, относительно невелика. Подвижный Al подтверждает, что основная порода является источником мелкозема, однако доля Al в ультраосновной породе крайне мала.

Влияние ультраосновных пород оценивается по доле MgO в валовом химическом составе, особенно в верхних горизонтах. Повышение содержания SiO₂ в почвенном мелкоземе (фракция <1 мм) по сравнению с образцами пород (горизонт R), скорее всего, является результатом остаточного накопления унаследованного кварца, содержание которого велико в метагаббро-амфиболите. Основываясь на этих данных, можно сделать вывод о том, что ВС и ВСg в основном подвержены влиянию основных пород.

Высокие значения рН в целом обусловлены ультрамафическим материалом. Ультраосновная порода приводила к ощелачиванию почв, удерживающему большое количество обменного Mg, несмотря на отсутствие кальцита. Значения рН в разрезе У-04-07, выше, чем в зрелом профиле оподзоленного подбура на метагаббро-амфиболите, они также связаны с влиянием ультраосновного субстрата.

Чувствительность к выветриванию и изменению исходных материалов по доле фракции <1 мкм подтверждается выраженным покраснением обломков ультраосновных пород и долей растворимых форм Si, Al и особенно Fe. Вынос железа из силикатной матрицы, особенно мелкозернистых материнских пород, отражается увеличением содержания дитионит- и оксалатно-извлекаемого железа, что более выражено в верхней части разреза У-04-07. Здесь в горизонте ВFM обнаружены тонкие пленки на камнях. Ранее было обнаружено развитие корок выветривания, при которых выветривание обособлено от других почвенных процессов. Эти данные свидетельствуют о перемещении слабокристаллизованных соединений железа и алюминия, хотя исследуемая почва характеризуется нейтральными значениями рН. Примесь ультраосновных материалов ослабляет развитие оподзоленных подбуров, обнаруженных на Полярном Урале на чистых основных породах.

На основании изучения профиля ржавозема в разрезе У-04-07 можно заключить, что:

1. в условиях холодного гумидного климата ультраосновные породы закономерно проявляют большую неустойчивость к процессам выветривания, что маркируется появлением новых кристаллических фаз уже на уровне формирования мелкозема из плотных пород. Как следствие, на ультраосновных породах реализуется сценарий почвообразования (в том числе и для слаборазвитых почв) из «зрелого» мелкозема, формирование химико-минералогического состава, которое происходит под активным влиянием процессов химического выветривания.

2. разрушение легко выветривающихся минералов с высоким содержанием магния (оливин) обуславливает высокое содержание магния в почвенном поглощающем комплексе и развитие «магнезиального ощелачивания» со значениями рН в слабощелочном диапазоне, что препятствует развитию «зональных» процессов оподзоливания и альфегумусовой миграции. Как следствие, даже в случае почвообразования на морене, состоящей из основных и ультраосновных по-

род, примесь ультраосновного материала препятствует развитию подбуров, которые свободно развиваются только на основных породах.

Р. 3 заложен в нижней части пологого склона северо-восточной экспозиции хребта Рай-Из (рис. 7). В растительном покрове – кустарничково-дриадовая тундра (Fruticuleto-dryadosum). Выше по склону – сплошной плащ крупноглыбистых осыпей (размеры глыб 0.5-1 м), который в нижней части распадается в виде «языков-полос» и спускается до подгольцового пояса листовенничных редколесий. На перегибе склона (от пологого участка до начала крутого склона с крутизной 45-50°) в условиях ветровой тени крупных глыб (>1.5-2 м) скапливается толща снега, талые воды вплоть до конца июля увлажняют поверхность почвы. На дневной поверхности в месте заложения разреза (наряду с переотложенным каменным материалом в виде узких «языков») присутствуют крупные плиты и отдельные глыбы пород, что в совокупности со слабым уклоном общей поверхности (3-4°) создает слабый сток. Между глыбами пород отчетливо выражен криогенно-пятнистый характер микрорельефа: пятна-медальоны с суглинистым мелкоземом занимают до 30-40% поверхности.

Строение профиля: O(0-2 см)–H(2-10/12 см)–G/Gox(10/12-25 см) –BG(25-55 см) – G(55-70 см). Почва диагностируется по наличию маломощной подстилки O, темноокрашенного (10YR 3/1) мажущейся консистенции перегнойного горизонта (гор.), H, резко переходящего в серию глеевых горизонтов разной степени выраженности: Gox, BG, CG. Гор. Gox бесструктурный, влажный средний суглинок с сизо-голубой окраской (5Y 5/1-5/2), где 30-40% вертикального среза занимают охристо-ржавые пятна (2.5YR 4/4) и тонкие полосы, локализованные по ходам корней. Гор. BG характеризуется сизовато-бурой (2.5Y 4/4) однородной окраской, он более влажный, присутствует легкий суглинок, в нижней части тиксотропный (содержание щебня ~ 30%). На глубине 55-70 см возрастает содержание щебня и крупных пород, сочится вода. Подстилающие породы – серпентинизированные дуниты, встречающиеся по всему профилю. Почва – глеезем перегнойный окисленно-глеевый (2008) или Haplic Reductaquic Cryosol (Thixotropic) (WRB, 2015).

Р. 4 заложен в средней части склона, имеющей крутизну 4-5° (рис. 8). В растительном покрове – осоково-зеленомошная тундра. В геоморфологическом плане данный участок представляет собой нагорную террасу. На дневной поверхности встречаются полосы переотло-



Рис. 7. Глеезем перегнойный окисленно-глеевый (разрез 3).

женного каменного материала, имеющие размеры до 8-10 м в длину и до 1 м в ширину, которые в настоящее время зарастают мхами и сосудистыми растениями (*Carex arctisibirica*, *Carex atrofusca*, *Rhytidium rugosum*, *Dicranum flexicaule*). Микрорельеф не выражен. Строение профиля: AYao(0-3 см)–AY(3-20 см)–AYB(20-40 см)–BC(40-55 см)–C(55-70 см). Под хорошо разложившейся одернованной подстилкой формируется серогумусовый гор. AY темно-серой окраски (10YR 3/2-4/2); опесчаненный легкий суглинок, мелкокомковато-зернистая структура, обильно переплетен корнями трав, сформирован ниже гор. AYB имеет серую окраску (10YR 6/2); опесчаненный средний суглинок, содержание дресвы и щебня 40%, слабовыраженная мелкокомковатая структура. Гор. BC и C характеризуются зеленовато-сизой окраской, присутствует влажный средний суглинок, содержание щебня и остроугольной дресвы около 60-75%. Особенность почвы – равномерное проникновение корней по всему профилю до глубины 50-55 см из-за включений полого наклоненных пород уплощенной формы («под острым углом»). Зеленовато-сизая окраска мелкозема в значительной степени определяется «цветовой окраской» пород. Почвы диагностируются как серогумусовые типичные отдела органо-аккумулятивных почв (2008) или Skeletic Haplic Umbrisols (WRB, 2015).



Рис. 8. Серогумусовая почва (разрез 4).

Р. 5 заложен в средней части склона крутизной 8-10° (рис. 9). В 10 м выше по склону находятся крупноглыбистые россыпи (>2-3 м) серпентинитов с характерной темно-зеленой окраской; между ними на дневной поверхности в виде плаща залегает рыхлый мелкоземисто-щебнистый слой при полном отсутствии растительности. Растительный покров представлен дриадовой тундрой (Dryadosum). Около 15-20% от общей поверхности занимают глыбы и скопления щебня. Между ними выражены мерзлотные сортированные полигоны в виде каменных колец размерами 40-60 см (до 10% от общей площади), на поверхности – щебень с размерами 3-10 см. Строение профиля: О(0-2 см)–АУ1(2-8 см)–АУ2(8-20 см)–УВ(20-45 см)–ВС(45-70 см). Почвенный профиль имеет близкое морфологическое строение в сравнении с р. 6 и согласно (2008) относится к серогумусовым типичным; по (WRB, 2015) – Skeletic Haplic Umbrisols. Отличительные особенности следующие: наличие переотложенного опесчаненного легкосуглинистого материала (делювиальный нанос) на глубине 2-8 см и крупных глыб пород (40-50 см и более) по всему профилю. При этом в верхней части профиля выражена мерзлотная сортировка скелетно-грубообломочного материала: уплощенной формы плитняк пород поставлен «на ребро», а на поверхности почвы есть сортированные полигоны в виде каменных колец.

Указанные признаки механических перемещений твердофазного материала под влиянием криогенных процессов позволяют выделить на уровне рода криосортированный подтип серогумусовых почв, что отмечается Хитровым и Герасимовой (2022) по предлагаемым изменениям в новой версии «Классификации почв России».



Рис. 9. Серогумусовая криосортированная почва (разрез 5).

Гольцовый пояс

Растительный покров гольцового пояса (900-1033 м над уровнем моря) характеризуется отсутствием сомкнутых растительных группировок, которые представляют собой ранние стадии сингенетических сукцессий (Катаева, 2013). Основную площадь в этом поясе занимают каменные россыпи – огромные поля нагромождений крупных глыб разных размеров, среди которых локально развиваются фрагменты фитоценозов горных тундр.

Р. 6 заложен в верхней части пологого склона (рис. 10). В 50 м от места заложения разреза (ниже по склону) – крутой обрыв. Более 95% от общей поверхности занято глыбами перидотитов с размерами 0.5-2 м, представляющих собой скопление несортиро-

ванного неокатанного материала с характерной буровато-охристой окраской поверхности. Накопление мелкозема происходит в небольших мезопонижениях на площади до 2-4 м² в результате преотложения продуктов выветривания, привнесенных водно-ледниковыми потоками при горном оледенении. На данных участках в растительном покрове фрагментарно представлены осоково-лишайниковые сообщества.

Строение профиля: O(0-2 см)–Gcf 2-10 см)–G(10-25 см)–BG(25-40 см)–BC(40-50 см)–C(50-60 см). Под маломощным слоем талломов лишайников формируются легкосуглинистые глеевые гор. сизо-голубой окраски (5Y 4/1) G-BG. В нижней части глеевого гор. отчетливо выражена ржаво-охристая (2.5YR 4/8) кайма мощностью 1-2 см (микрогоризонт cf). В средней части профиля включения обломков пород размерами 5-10 см (до 20% от площади горизонта), пленки выветривания на их поверхности отсутствуют. По ходам тонких корней и на контакте мелкозема с нижней поверхностью щебня ярко выражены ржаво-бурые пятна (5YR 4/6). С глубиной содержание обломков пород закономерно увеличивается (60-75%), начиная с 60 см идет резкое (литологическое) подстиление массивной плиты, являющееся



Рис. 10. Глеезем криогенно-ожелезненный (разрез 6).

водоупором. Почва – глеезем криогенно-ожелезненный (2008) или Reductaquic Cryosol (WRB, 2015).

Р. 7 заложен на платообразной вершине хребта (рис. 11). На поверхности находятся средnegлыбовые россыпи перидотитов (> 98% от всей площади поверхности) и скалы в виде останцов высотой до 5 м. Крупные глыбы перидотитов, а также щебень покрыты тонкой автохтонной пленкой (10R 5/8), которая легко царапается ножом; на сколе внутренняя поверхность породы более темная. В теневой части скальных выходов вплоть до начала августа сохраняется снег мощностью 1-1.5 м, который интенсивно тает. Растительный покров фрагментарный, представлен осоково-зеленомошными сообществами. Строение профиля: O(0-2 см)–Oao(2-5 см)–Ghi(5-10 см)–Gcf(10-20 см)–BG@ (20-42 см). Органогенные горизонты представлены среднеразложившимся подстилочно-торфянистым гор. О темно-серой окраски, мощностью 4-5 см, в нижней части которой присутствует грубогумусированный материал, представляющий собой смесь органических остатков с минеральными компонентами. Гор. Ghi (5-10 см) пропитан органическим веществом и имеет темную серовато-оливковую окраску (5Y 3/2), мелкозем среднесуглинистый, слабоуплотненный. Переход резкий, граница волнистая. Залегающий ниже среднесуглинистый влажный, очень плотный гор. Gcf (10-20 см) характеризуется неоднородной окраской: на общем темно-сизом фоне (5Y 4/1) ярко-ржавые пятна (10R 3/6); в нижней части горизонта охристо-ржавого цвета (2.5 YR 4/6) сплошная кайма (1-1.5 см). Гор. BG@ имеет оливково-серую окраску (5Y 4/2) и отличается наличием криотурбированного горизонта в виде S-образного изгиба интенсивно темно-серого (10YR 3/2) материала более тяжелого гранулометрического состава. Характерная особенность профиля – практически полное отсутствие включений обломочного материала и резкое подстиление массивной плиты с 42 см. Почва представляет собой глеезем криогенно-ожелезненный потечно-гумусовый криотурбированный (2008), по WRB, 2015 Turbic Cryosol (Dystric).

Общим для всех изученных почв является увеличение рНводн. с глубиной (табл. 5, 6). При широком колебании рНводн. (4.7-7.4) гор. С всех профилей имеют нейтральную либо слабощелочную реакцию. Щелочность почвенного раствора (при экспериментально доказанном отсутствии карбонатов) связана с гидролизом гидрокарбоната магния. Как было показано ранее (Лесовая с соавт., 2012), разрушение минералов



Рис. 11. Глеезем криогенно-железненный почечно-гумусовый криотурбированный (разрез 7).

на хребте Рай-Из, прежде всего оливина, обуславливает преобладание в почвенном поглощающем комплексе ионов магния, что приводит к специфическому (без наличия легкорастворимых солей и карбонатов Ca^{2+} и Mg^{2+}) «магнезиальному ошелачиванию» профиля. Ионы магния, высвобождающиеся из силикатов, прежде всего оливина, обуславливают значения pH в нейтрально-щелочном диапазоне. Валовой химический состав мелкозема почв резко отличается от пород увеличением содержания кремния и алюминия (табл. 6). Просмотр образцов крупных фракций почвенного мелкозема (1.0-0.25 и 0.25-0.1 мм) под увеличением выявил, что кроме породообразующих минералов подстилающей породы с характерными для неё морфоструктурными особенностями, в составе песчаных фракций присутствует кварц. Наличие кварца отражает примесь переотложенного аллохтонного более кислого ледникового материала морены. Наиболее ярко влияние аллохтонного материала выражено в верхних минеральных горизонтах глееземов (рис. 6, 7) с максимальным содержанием SiO_2 (69-75%).

Таблица 5. Физико-химические свойства объектов исследования.

Горизонт, глубина, см	pH		$C_{орг}$	$N_{общ}$	Обменные катионы, смоль (экв)/кг		Гидролит. кислотн. смоль(экв)/кг	Fe_2O_3 , %	
	вод	сол			%	Ca^{2+}		Mg^{2+}	дит.
Р. 1. Подбур оподзоленный иллювиально-гумусово-железистый									
О 0-5	4.6	3.9	42.5	1.15	11.8	14.8	46.0	-	-
Оао 5-7	4.8	3.9	35.5	1.19	8.1	15.5	41.1	-	-
BFe 7-10	5.3	3.6	4.6	0.24	1.9	12.2	11.7	2.07	1.27
BHF 10-20	6.0	4.7	1.8	0.13	0.5	2.6	3.5	1.30	1.79
BC 20-40	6.5	5.3	0.9	0.07	0.5	3.8	1.7	0.67	1.17
Р. 2. Подбур иллювиально-гумусовый									
О 0-5	5.7	4.9	45.1	1.61	10.6	52.9	34	-	-
Оао 5-8	6.2	5.5	42.0	1.85	10.3	73	29	-	-
BH 8-20	6.1	5.1	10.2	0.71	2.3	27.7	7.9	2.67	1.37
BC 20-30	6.7	-	4.2	0.31	1.3	11.6	-	1.57	1.03
C 30-50	6.8	-	1.6	0.11	0.8	8.6	-	1.53	0.79
Р. 3. Глеезем переговой окисленно-глеевый									
О 0-2	6.6	5.9	39.7	1.64	7.6	60.4	21.9	-	-
H 2-10	6.9	6.0	17.8	1.25	2.7	40.3	4.7	-	-
G 10-25	6.9	-	0.82	0.08	0.5	14.3	-	0.69	0.64
Gox 10-25	7.1	-	0.92	0.07	0.5	13.8	-	3.70	2.23
BG 25-55	7.3	-	0.25	-	0.5	13.7	-	0.97	0.34
CG 55-70	7.3	-	0.23	-	0.5	14.4	-	1.06	0.29
Р. 4. Серогумусовая грубогумусированная									
AYao 0-3	6.5	6.4	36.5	1.86	18.5	46.8	26	-	-
AY 3-20	6.4	5.8	7.2	0.69	5	17	2.7	-	-
AB 20-40	6.4	5.8	9.1	0.82	4.9	17.3	3.3	0.89	0.79
BC 40-55	6.6	-	8.0	0.71	5.9	16.6	-	1.03	0.87
C 55-70	6.7	-	2.2	0.18	22.7	10.1	-	0.57	0.54
Р. 5. Серогумусовая криосортированная									
О 0-2	5.8	5.5	35.6	1.2	18.8	28.1	21.9	-	-
AY1 2-8	6.4	5.9	5.8	0.44	6	12.5	2.8	0.74	0.60
AY2 8-20	6.4	5.9	2.6	0.21	2.2	7.4	1.9	0.79	0.69
AB 20-45	6.5	5.8	4.6	0.35	3.1	9	2.3	1.03	0.73
BC 45-70	6.8	-	0.5	0.05	1.5	4.3	-	0.46	0.39
Р. 6. Глеезем криогенно-железненный									
О 0-2	5.0	4.2	38.9	0.35	0.5	1.7	28.0	-	-
G 2-10	6.0	5.0	0.66	0.04	0.6	10	1.9	1.00	0.54
Gcf 2-10	6.5	5.3	1.07	0.07	0.8	9.6	2.2	6.52	5.01
G 10-25	5.9	5.0	0.85	0.07	0.6	9.8	2.2	1.97	1.32
BG 25-40	6.7	-	0.78	0.06	0.9	11.3	-	1.83	1.12
BC 40-50	6.8	-	0.83	0.06	0.8	9.6	-	1.67	0.77
C 50-60	6.9	-	0.66	0.05	0.6	7.4	-	1.19	0.64

Р. 7. Глеезем криогенно-ожелезненный потечно-гумусовый криотурбированный									
О 0-2	6.5	6.5	21.1	1.25	4.3	54.2	26	-	-
Оао 2-5	6.7	6.4	5.5	0.57	1.5	31	9.0	-	-
Ghi 5-10	6.3	5.5	2.5	0.26	0.5	18.4	2.2	2.07	2.06
G 10-20	5.3	4.0	1.3	0.13	0.5	17.6	4.5	2.26	1.37
Gcf 10-20	-	-	0.98	0.08	-	-	-	7.32	3.72
BG 20-42	7.1	-	0.73	0.08	0.5	20.3	-	1.90	1.09
BG@ 20-42	7.0	-	2.31	0.24	0.5	23.5	-	2.59	1.39

Примечание здесь и далее: «-» нет данных; дит – содержание в вытяжке Мера-Джексона, окс – Тамма.

Таблица 6. Валовый химический состав почв.

Горизонт, глубина, см	Оксиды элементов, % от прокаленной навески								
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O	P ₂ O ₅
Р. 1. Подбур оподзоленный иллювиально-гумусово-железистый									
BFe 7-10	64.41	10.60	7.60	4.27	12.11	0.33	0.51	0.06	0.11
BHF 10-20	62.11	10.82	8.09	4.59	12.56	0.62	0.71	0.20	0.13
Р. 2. Подбур иллювиально-гумусовый									
BH 8-20	57.05	12.42	12.31	3.91	10.53	1.64	1.44	0.22	0.48
BC 20-30	57.45	11.37	10.98	4.56	13.33	0.95	1.14	0.07	0.16
C 30-50	61.47	10.07	10.35	3.68	12.36	0.99	1.02	0.03	0.03
Р.3. Глеезем перегнойный окисленно-глеевый									
G 10-25	71.66	6.73	10.85	1.15	6.88	1.77	0.89	0.02	0.05
Gox 10-25	68.46	9.25	9.51	1.17	9.09	1.61	0.84	0.02	0.05
BG 25-55	69.62	7.51	10.48	1.07	8.72	1.73	0.80	0.01	0.06
CG 55-70	57.08	12.45	12.25	3.81	10.57	1.45	1.41	0.22	0.38
порода	49.43	11.61	4.79	2.68	29.00	0.27	0.45	0.01	0.15
Р. 4. Серогумусовая грубогумусированная									
AY 3-20	54.55	12.56	10.74	7.56	12.46	0.37	1.38	0.01	0.30
AB 20-40	56.00	13.02	7.69	5.58	16.06	0.40	0.69	0.06	0.18
BC 40-55	55.11	11.61	5.60	3.25	23.11	0.32	0.51	0.06	0.10
порода	49.36	12.25	4.65	2.41	29.58	0.26	0.38	0.01	0.12
Р.5. Серогумусовая криосортированная									
AY1 2-8	54.02	12.79	5.30	4.90	21.71	0.40	0.54	0.15	0.19
AY2 8-20	55.41	12.60	4.60	3.28	23.11	0.33	0.51	0.06	0.11
AB 20-45	56.23	13.12	7.49	5.78	16.02	0.40	0.71	0.07	0.17
BC 45-70	56.80	14.38	8.88	6.19	12.31	0.36	0.92	0.02	0.14
порода	45.51	9.88	2.06	0.80	40.39	0.04	0.18	0.00	0.06
Р. 6. Глеезем криогенно-ожелезненный									
G 2-10	75.60	7.41	9.12	2.63	2.94	1.44	0.77	0.06	0.03
Gcf 2-10	56.78	8.07	29.32	1.81	2.38	1.03	0.51	0.02	0.08
G 10-25	68.84	7.19	17.68	1.97	2.09	1.42	0.72	0.01	0.08
BG 25-40	66.77	10.09	7.71	1.73	11.76	1.23	0.70	0.01	0.03
BC 40-50	65.58	10.58	7.51	1.68	12.46	1.21	0.71	0.05	0.09
C 50-60	60.45	11.17	10.38	3.48	12.56	0.99	1.02	0.03	0.09

Р. 7. Глеезем криогенно-ожелезненный потечно-гумусовый криотурбированный									
G 10-20	69.56	9.49	8.10	1.65	9.05	1.33	0.72	0.01	0.09
Gcf 10-20	71.93	13.25	9.78	1.64	0.98	1.52	0.79	0.02	0.09
BG 20-42	66.74	10.07	7.73	1.73	11.76	1.23	0.70	0.01	0.03
BG@ 20-42	65.78	10.50	7.49	1.68	12.48	1.22	0.71	0.05	0.09

1. Alekseev I., Abakumov E. Soil organic carbon stocks and stability of organic matter in permafrost-affected soils of Yamal region, Russian Arctic // *Geoderma Regional*. 2022. V. 28. Lessovaia S.N., Polekhovsky Yu.S. Mineralogical composition of shallow soils on basic and ultrabasic rocks of East Fennoscandia and of Ural Mountains, Russia // *Clays and Clay Minerals*. – 2009. – V. 57. – P. 476–485.

2. Lessovaia S., Dultz S., Polekhovsky Yu., Krupskaya V., Vigasina M. & Melchakova L. (2012) Rock control of pedogenic clay mineral formation in a shallow soil from serpentinous dunite in the Polar Urals, Russia. *Applied Clay Science*. – 64. – P. 4–11.

3. Lessovaia S., Goryachkin S., Polekhovsky Yu., Ershova V. and Filimonov A. 2016. Abiotic and biotic processes of mineral weathering in tundra soils on ultramafic and mafic rocks of the Polar Urals, Russia In: Frank-Kamenetskaya OV, Panova EG, Vlasov DY, editors. *Biogenic-Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems*. – Springer.

4. Алексеев, И.И., Абакумов, Е.В., Томашунас, В.М. Катенарная дифференциация почв предгорий Полярного Урала на примере участка в районе р. Халяталбей (приток р. Щучья) / И.И. Алексеев, Е.В. Абакумов, В. М. Томашунас. // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2015. – №4. - Т.4. – С. 146–149.

5. Горчаковский, П.Л. Растительный мир высокогорного Урала. / П.Л. Горчаковский. – М.: Наука, 1975. – 283 с. – Текст : непосредственный.

6. Дымов, А.А., Жангуров, Е.В. Морфолого-генетические особенности почв кряжа Енганэпэ (Полярный Урал) / А.А. Дымов, Е.В. Жангуров. – Текст : непосредственный. // Почвоведение. – 2011. – № 5. – С. 515–524.

7. Жангуров, Е. В., Королёв, М. А., Дубровский, Ю. А., Шамрикова, Е. В. Почвы горного хребта Рай-Из (Полярный Урал) / Е.В. Жангуров, М.А. Королёв, Ю.А. Дубровский, Е.В. Шамрикова. – Текст : непосредственный. // Почвоведение. – 2023. – № 4. – С. 417–432.

8. Катаева, М.Н. Доступность растениям химических элементов в почвах горной тундры на породах различного состава (Полярный Урал) / М.Н. Катаева. – Текст : непосредственный. // Почвоведение. – 2013. – № 2. – С. 177–186.

9. Лесовая, С.Н., Горячкин, С.В., Полеховский, Ю.С. Почвообразование и выветривание на ультраосновных породах горных тундр массива Рай-Из, Полярный Урал. / С.Н. Лесовая, С.В. Горячкин, Ю.С. Полеховский. – Текст : непосредственный. // Почвоведение. – 2012. – № 1. – С. 44-56.

10. Нешатаева, В. Ю., Нешатаев, В. Ю. Растительность Полярного Урала в верхнем течении реки Сось / В.Ю. Нешатаева, В.Ю. Нешатаев. – Текст : непосредственный. // Проблемы экологии растительных сообществ. – СПб., 2005. – С. 303-342.

11. Таргульян, В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. / В.О. Таргульян. – М.: Наука, 1971. – 268 с. – Текст : непосредственный.

12. Фирсова, В.П., Дедков, В.С. Почвы высоких широт Горного Урала. / В.П. Фирсова, В.С. Дедков. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. – 94 с. – Текст : непосредственный.

13. Хитров, Н.Б., Герасимова, М.И. Предлагаемые изменения в классификацию почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы / Н.Б. Хитров, М.И. Герасимова. – Текст: непосредственный. // Почвоведение. – 2022. – № 1. – С. 3-14.

14. Юрцев, Б.А., Алексеева-Попова, Н.В., Катаева, М.Н. Видовое разнообразие локальных флор Полярного Урала в контрастных геохимических условиях. / Б.А. Юрцев, Н.В. Алексеева-Попова, М.Н. Катаева. – Текст: непосредственный. / Материалы Международной конференции «Биоразнообразие Европейского Севера». – Петрозаводск, 3-7 сентября. – 2001. – С. 204-205.

Ключевой участок «Карбоновый полигон «Семь лиственниц»»



Рис. 12. Карбоновый полигон «Семь лиственниц».

Работы по мерзлотно-ландшафтному районированию на ключевом участке карбонового полигона были проведены в конце сентября 2022 г. группой студентов кафедры геокриологии геологического факультета МГУ под руководством старшего научного сотрудника кафедры, ныне

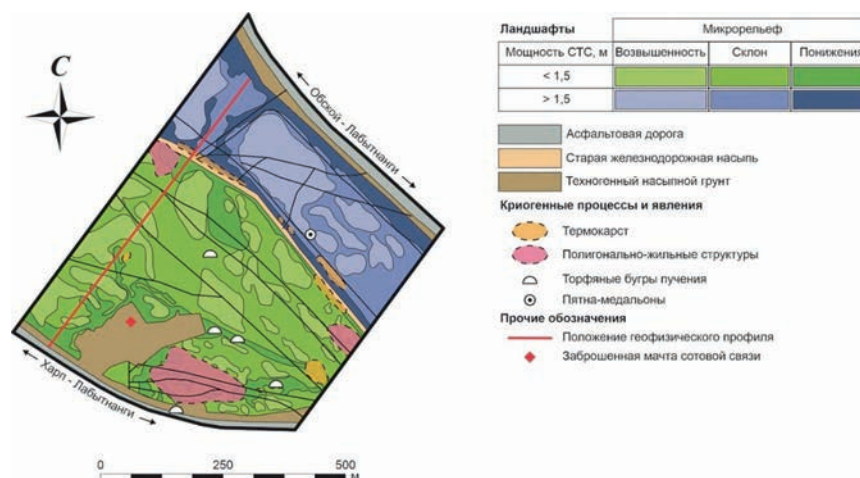


Рис. 13. Картограмма ландшафтно-геокриологического районирования изученной части карбонового полигона «Семь лиственниц» вблизи г. Лабитнанги, ЯНАО. Картограмма составлена и любезно предоставлена А.А. Горбуновой.

директора «Научного центра изучения Арктики» в г. Салехарде, к.г.-м.н. В.С. Исаева, а также к.г.-м.н. Д.О. Сергеева и к.г.н. А.П. Безделовой. В процессе работ группой были проведены три пеших маршрута по небольшому участку полигона, ограниченному автомобильными дорогами «Обской – Лабытнанги» и «Харп – Лабытнанги», заложены 79 точек мерзлотно-ландшафтных описаний, в 20 из них были описаны почвенные разрезы и закопушки. Целью проведения описаний было выявление микроландшафтно-геокриологических неоднородностей территории и составление их картосхемы (рис. 13).

Факторы почвообразования в районе карбонового полигона «Семь лиственниц»

Геологическое строение. Нижнее Приобье располагается в приарктической области приморских равнин севера Западной Сибири. Осадочные отложения неогенового (плиоценового) и четвертичного возраста здесь залегают с резким стратиграфическим и эрозионным несогласием на нижнемеловых породах геологического фундамента. Непосредственно почвообразующими породами здесь являются полигенетичные и полидисперсные неоплейстоцен-голоценовые осадочные отложения.

Рельеф. Территория представляет собой комплексы пойм и надпойменных террас р. Оби, её притоков и проток с надпойменными террасами, а также выровненные междуречные пространства. Равнинный рельеф осложнён большим количеством термокарстовых заозёрных понижений. Нередко термокарстовые озёра находятся здесь на различных стадиях заболачивания и зарастания – образуются хасыреи (аналог якутских аласов). Нередки также торфяные, минеральные и торфяно-минеральные бугры пучения.

Климат. Исследуемый район находится в области субарктического климата. Средняя температура воздуха равна $-5,1^{\circ}\text{C}$, в январе она в среднем падает до $-23,1^{\circ}\text{C}$, в июле воздух прогревается до $+15^{\circ}\text{C}$. Длительность периода с температурами ниже 0°C составляет около 240 дней, сумма отрицательных температур -4000°C , соответственно, положительных 902°C . Вегетационный период менее 70 дней и невысокая сумма активных температур (613°C) серьёзно снижает агроклиматический потенциал. За год выпадает около 500 мм осадков, выражен летний максимум (до 70 мм/мес). Влажность воздуха варьируется от 70% до 85%. Мощность снежного покрова достигает 1,0 м, в среднем редко превышает 0,4 м. Устойчивый снежный покров наблюдается с октября по май, вероятность выпадения снега сохраняется весь год.

Многолетняя мерзлота. Мощность многолетнемёрзлых пород (ММП) на Салехардской равнине превышает 300 м. Вертикальное

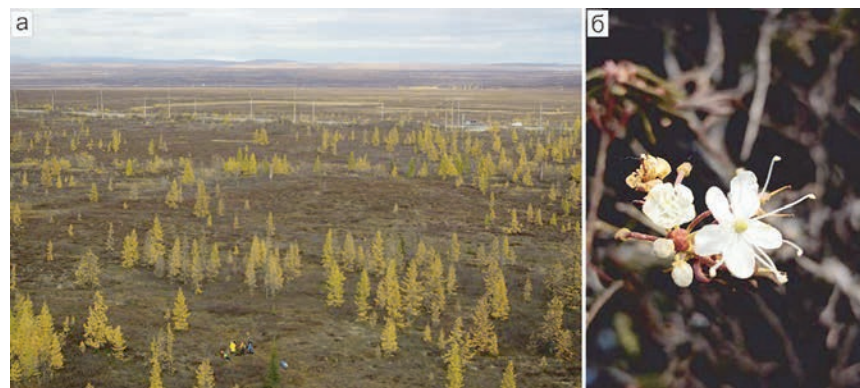


Рис. 14. Лиственничное редколесье на карбоновом полигоне «Семь лиственниц» (а, фото В.С. Исаева) и цветок багульника стелющегося (*Ledum decumbens*) (б, фото А.П. Гинзбурга).

распространение ММП – сплошное, латеральное, на южном Ямале – прерывистое и островное. Температуры пород на глубинах сезонно-талого слоя от -3 до -1°C , льдистость невысокая – около 5-20%. Самыми распространёнными типами криогенных образований являются бугры пучения и термокарстовые понижения.

Растительность. В пределах карбонового полигона «Семь лиственниц» наблюдается главная особенность растительного покрова территории – мозаичные сочетания тундровых и таёжных участков (рис. 14). Крупноерниковая тундра представлена в основном берёзками карликовыми (*Betula nana*) с кустарничками – голубикой и брусникой обыкновенными (*Vaccinium uliginosum* L., *Vaccinium minis*) и багульником стелющимся (*Ledum decumbens*) (рис. 14б), а также мхами рода *Sphagnum*. Травяной покров представлен разнотравьем, в основном осокой круглой (*Carex globularis* L.). В составе древостоя на лесных участках чаще всего встречаются лиственница сибирская (*Larix sibirica*) (рис. 14а) и ель сибирская (*Picea obovata*), реже – берёза пушистая (*Betula pubescens*).

Хозяйственная и иная деятельность. На полигоне очагово осуществляется хозяйственная деятельность. Вблизи полигона расположены объекты дорожного строительства (рис. 15а), связи (вышки сотовой связи, рис. 15б) и энергетики (ныне недействующий ветрогенератор, рис. 15в). Кроме того, в настоящее время сотрудники «Научного центра изучения Арктики» проводят на территории полигона инженерно-геологические изыскания с бурением многолетней мерзлоты и отбором проб керна, а также установкой термометрических кос с датчиками-логгерами.

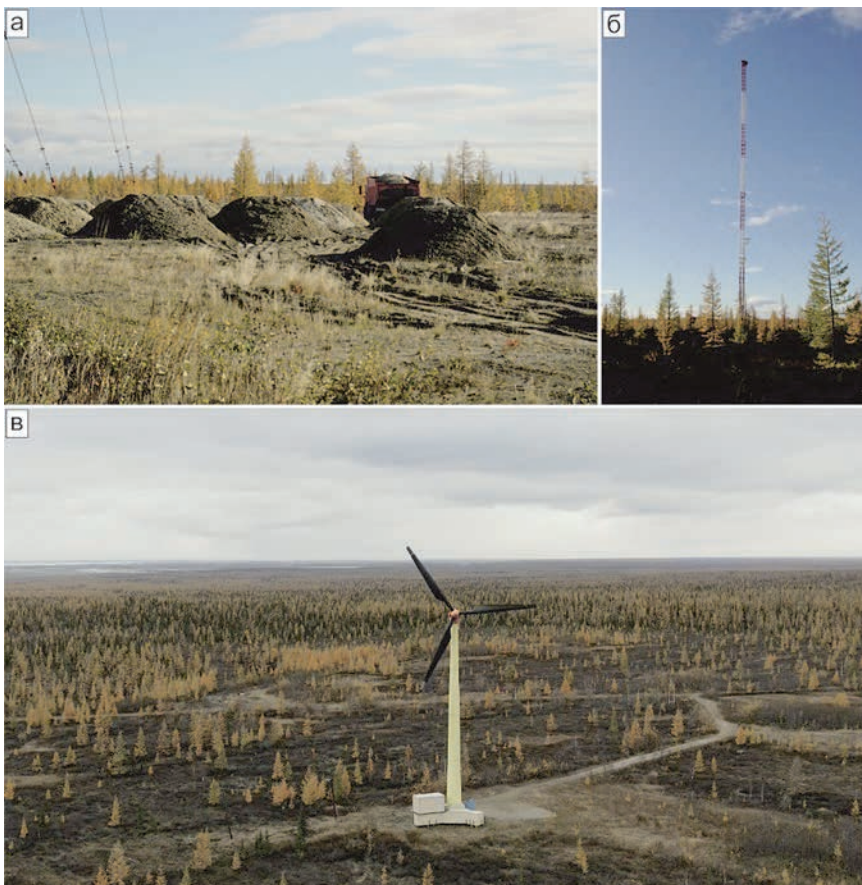


Рис. 15. Участок дорожного строительства (а), заброшенная вышка сотовой связи (б) (оба фото Д.О. Сергеева) и действующий ветрогенератор (в) вблизи карбонового полигона «Семь лиственниц» (фото Е.И. Горшкова).

Почвы и почвенный покров территории вблизи карбонового полигона «Семь лиственниц» (литературные данные)

Исторический обзор. Целенаправленное экспедиционное изучение почв севера Западной Сибири началось в 1908 г. Участники экспедиций переселенческого управления составили морфологические описания почвенных профилей (Драницын, 1914 а, б), описали основные закономерности географического распространения ареалов северных слабо-подзолистых, подзолистых и вторично-подзолистых почв (Глинка, 1912 и др.), а также отметили динамичность пространственного положения границ почвенных зон (Драницын, 1914 б; Городков, 1946). Позже особенности тундрового почвообразования были освещены Б.Н. Городко-

вым (1930, 1932, 1944 и др.). Почвенно-генетические, географические и геохимические исследования были продолжены Ю.А. Ливеровским (1939 и др.), И.Т. Ливеровской (Кошелевой) (1964 и др.), И.П. Герасимовым и др. (1963), Е.Н. Ивановой (1962 и др.), М.С. Боч и др. (1971 и др.), В.Д. Тонконогим (1975 и др.), А.А. Оя (1981 и др.), В.Д. Васильевской (1989 и др.). Отмечены сильная заболоченность зональных типов почв, выраженная комплексность почвенного покрова, слабый подзолистый процесс, следы остаточной солонцеватости и осолодения почв, роль гелей гидроксидов Fe, Al и фульватов этих металлов в развитии тиксотропности суглинистых и глинистых почв и т.д. А.П. Тыртиков (1967) установил, что важную роль в формировании неоднородности почвенного покрова играют криогенные бугры пучения, занимающие 30-40% площади тундры. Геохимические особенности почвенного покрова и биогеохимическую специфику многочисленных здесь верховых болот описал Д.В. Московченко (2006 и др.). Изучение трансформаций геохимических свойств почв стало особенно актуальным в связи с активной деятельностью хозяйственных объектов нефтегазового комплекса (Московченко, 1998 и др.). Более подробный анализ выполненных в XX и начале XXI вв. работ по всестороннему изучению педосферы южного Ямала приведён в монографии В.Я. Хренова (2011), посвящённой вопросам морфологии, физико-химическим свойствам и геохимическим особенностям почв криолитозоны Западной Сибири.

Почвенно-географическое районирование. Нижнее Приобье, где расположен карбоновый полигон «Семь лиственниц», согласно почвенно-географическому районированию территории России, относится к Войкар-Ляпинскому округу глеезёмов таёжных дифференцированных (в том числе торфянистых) суглинистых и торфянисто-глеевых болотных почв на моренных и ледниково-морских отложениях, принадлежащему к Западно-Сибирской северотаёжной провинции торфяных болотных почв, подзолов альфегумусовых и глеезёмов таёжных в подзоне глееподзолистых почв, глеезёмов и подзолов северной тайги Европейской Западно-Сибирской таёжно-лесной почвенно-биоклиматической области бореального географического пояса (Добровольский и др., 2007; Урусевская и др., 2020).

Зональные почвы. Зональными типами почв для этой территории являются глееподзолистые, глеезёмы таёжные (глеезёмы) и подзолы (Урусевская и др., 2020), на почвенно-географических картах РСФСР (1988) и РФ (2011) местоположение карбонового полигона попадает в ареал тундровых глеевых торфянисто-перегнойных (глеезёмов торфянистых и перегнойных тундровых).

Картографические данные. Впервые подробное изображение почвенного покрова севера Западной Сибири встречается в атласе Тюменской области (1971), позднее в атласе ЯНАО (2004). Более общее описание почвенного покрова южного Ямала можно увидеть на почвенных картах СССР и России (1988; 2011 и др.), а также в Национальных атласах почв РФ (2011), Арктики (2017) и экологического атласа России (2017). Также в почвенном институте имени В.В. Докучаева (г. Москва) на эти территории были составлены листы Государственной почвенной карты (ГПК) масштаба 1:1 000 000 (авторы В.Д. Тонконогов, О.А. Дворников, Р.П. Михайлова, Н.Я. Мясникова). Проект почвенно-географического районирования представлен в работе И.С. и С.И. Михайловых (2017). По предложенной ими схеме, рассматриваемую территорию следовало бы отнести к Лабытнангскому почвенному району – наиболее мелкой на данный момент единице почвенно-географического районирования.

Органогенные и минеральные криогенные почвы карбонового полигона «Семь лиственниц»: стволовое, отдельное и типовое разнообразие.

Органогенные криогенные почвы карбонового полигона «Семь лиственниц» Торфяные эутрофные деструктивные мерзлотные почвы на мёрзлых высокольдистых торфяниках в торфяных буграх пучения (пальза)

В пределах исследованной части карбонового полигона встречаются несколько хорошо выраженных в рельефе предположительно инъекционных торфяных бугров пучения. Они имеют относительные высоты до 1 м, пологие склоны и плоские субгоризонтальные вершины. Диаметры оснований бугров достигают 4 м (рис. 16а). Поверхности склонов и вершин отличаются по составу растительных ассоциаций от окружающих территорий: на них не встречаются кустарники (ерник, ива и т.п.), они уступают место кустарничковой растительности (багульник, брусника, шикша, морозника и др.).

В разрезе, заложенном на вершине бугра, вскрывается относительно однородный бурый слой торфа весьма высокой (до 50%) степени разложения (рис. 16б). Мощность сезонно-талого слоя составляет 0,55 м, ниже торф мёрзлый, высокольдистый (визуально содержание льда до 40%, лёд выражен в виде прозрачных кристаллов льда – цемента массивной поровой криогенной текстуры, рис. 16г; табл. 7). В мёрзлом торфе наблюдается резкая смена ботанического состава растительных остатков, а также кардинально снижается степень их



Рис. 16. а) Заложение почвенного разреза на торфяном бугре (фото В.С. Исаева), б) профильное строение бугра, в), г) льдистая мерзлота со слабо разложившимися растительными остатками (фото Гинзбург А.П.).

разложения. Он содержит большое количество фрагментов древесины – ветвей кустарничковой и древесной растительности (рис. 16в).

На вершинах бугров пучения торфяные почвы были отнесены к стволу органогенного почвообразования, отделу торфяных почв, типу торфяные эутрофные. Верхняя часть торфяной толщи – горизонт ТЕ – отличается тёмной окраской, а также первичными признаками структурообразования в торфе (подтип деструктивные). Ниже располагается органогенная почвообразующая порода, имеющая более тёмную окраску и высокую степень разложения. Горизонт многолетнемерзлого торфа расположен ниже глубины 55 см (подтип мерзлотные) (табл. 7). Формально в классификации и диагностике почв (2004) почвам отдела торфяных не присваивается подтип мерзлотные, однако взаимодействие почв и подстилающей мерзлоты – одно из важных условий почвообразования на исследуемой территории, поэтому отметить наличие мёрзлой части горизонта ТТ в данном контексте необходимо.

Таблица 7. Морфологические свойства почвы на инъекционном торфяном бугре пучения.

Горизонт	Глубина, см	Описание
TEmd	0-50	Однородный, слегка красновато-бурый, сильноразложженный (до 50%), свежий, рыхлый, с первичными признаками структурной организации, переход ясный по цвету и степени разложения органических остатков, граница ровная
ТТ	50-55	Однородный, темно-бурый, сильноразложженный (более 50%), свежий, рыхлый, переход резкий по верхней границе ММП, граница ровная
ТТ [±]	55...	Неоднородный, от светло-бурого к темно-бурому, слаборазложженный (ниже 20%), мёрзлый, высокольдистый (40%), массивная поровая криогенная текстура
Полное название почвы:		Торфяная эутрофная деструктивная мерзлотная

Минеральные криогенные почвы карбонового полигона «Семь лиственниц». Глеезёмы и торфяно-глеезёмы

Супесчано-суглинистый гранулометрический состав почвообразующих пород на территории карбонового полигона способствует затруднению дренажа поверхности, атмосферная влага задерживается и создаёт восстановительные условия в профилях почв, провоцируя оглеение. Поэтому в стволе постлитогенного почвообразования выделяется отдел глеевых почв. Мощность торфяного покрова на территории исследованной части карбонового полигона варьируется в широких пределах. В низинах происходит более активная торфоаккумуляция, мощность торфа превышает 10 см, что является основанием для подразделения глеевых почв на глеезёмы (<10 см) и торфяно-глеезёмы (> 10 см) (рис. 17в).

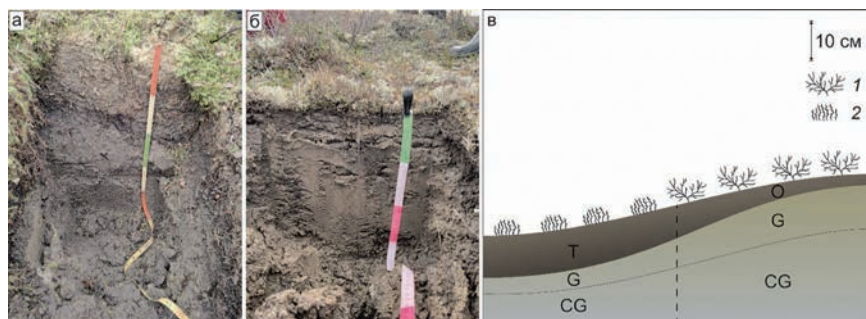


Рис. 17. Типичные профили торфяно-глеезёмов (а) и глеезёмов (б), встреченных на карбоновом полигоне «Семь лиственниц» (фото маршрутной бригады студентов кафедры геокриологии МГУ) и принципиальная схема микроклиматических условий дифференциации глеезёмов и торфяно-глеезёмов (в): 1 – ерник с преобладанием лишайника в напочвенном покрове; 2 – кустарнички с преобладанием мха в напочвенном покрове.

Помимо мощности поверхностного органического горизонта глеезёмы и торфяно-глеезёмы отличаются ботаническим составом растительной ассоциации на их поверхностях (рис. 17в). Если на поверхности глеезёмов наблюдается сочетание ерника с кустарничками и преобладающим лишайником в составе напочвенного покрова, то на поверхностях торфяно-глеезёмов в составе покрова преобладает сфагновый мох, иногда с примесью влаголюбивых кустарничковых видов или осок.

Оглеение здесь встречается без ярко выраженного цветового проявления, вместо ярко-сизого цвета чаще заметны сизоватые оттенки серого и бурого, поэтому наиболее распространённый подтип торфяно-глеезёмов – глееватые (g). В некоторых их профилях, где цветовое выражение оглеения сильнее, заметны также рыжие контуры внутри сизого среза. Это признаки процесса криогенного ожелезнения – миграции закисных (Fe²⁺) форм железа к фронтам промерзания. Соответственно, в почвах также диагностируется подтип криогенно-ожелезнённые (cf). Также внутри сизого горизонта G могут наблюдаться беспорядочные пятна рыжего рыжевато-бурого цвета – признаки подтипа окисленно-глеевые (ox), возникающие при понижении уровня грунтовых вод.

Подтипы грубогумусированные (ao) в большей степени проявляются в глеезёмах, а в торфяно-глеезёмах иногда выделяются горизонты Т с признаками перегнойного – подтип перегнойно-торфяный (h). Они отличаются от основной массы горизонтов Т большей степенью разложения остатков, более тёмным цветом, мажущейся консистенцией (рис. 17а). Верхние части минеральных горизонтов часто покрашены гумусовым материалом – подтип потёчно-гумусовые (hi) (рис. 17б).

Слаборазвитые почвы

Диагностированные почвы ствола первичного почвообразования, отдела слаборазвитых, приурочены к специфическим местообитаниям. Пелозёмы потёчно-гумусовые распространены в границах тундровых почв пятен, для которых нехарактерно обводнение. Профильное строение этих почв отличается малой мощностью органического горизонта (около 1 см), и слабооглеенным минеральным горизонтом суглинистого состава, в верхней части покрашенным органическим материалом (рис. 18б). В отличие от подобных условий, почвы пятен с близким к поверхности уровнем грунтовых вод в большей степени оглеены, а органические горизонты нередко представляют собой результат разложения одних лишь мхов.

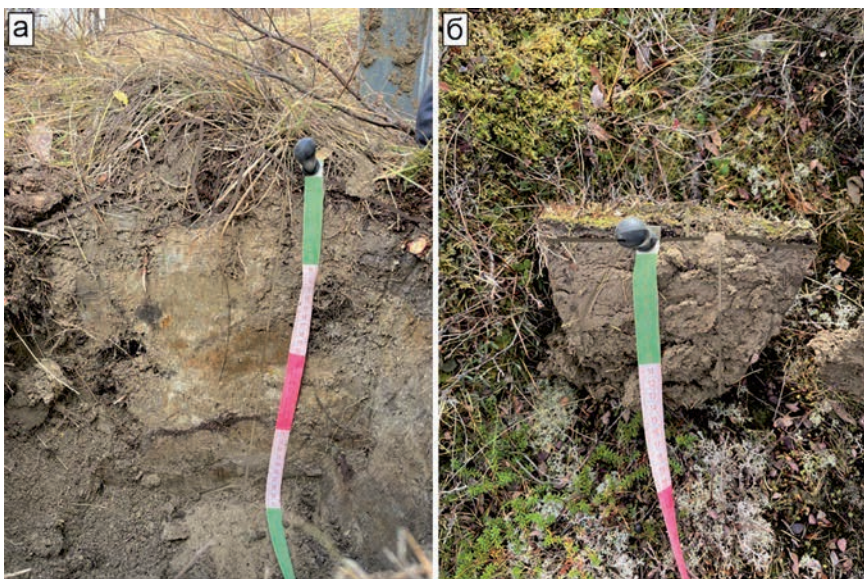


Рис. 18. Типичные профили псаммозёма стратифицированного (а) и пелозёма потёчно- гумусового (б).

В некоторых местах на полигоне обнаруживаются антропогенные насыпи, созданные из полигенетичного материала различного состава и свойств в перемешанном виде. В профиле псаммозёма, на поверхности которого находится насыпной горизонт мощностью 35 см (подтип стратифицированный – г). Он представляет собой сухую массу светло-серо-бурого песчаного материала с примесью тёмных крупных пятен органогенного горизонта почв, более рыхлых, чем песок, а также более плотных рыжеватых суглинистых пятен, в том числе с щебнистыми обломками пород (рис. 18а).

Взаимосвязь почв и подстилающих многолетнемёрзлых пород

Таким образом, на карбоновом полигоне «Семь лиственниц» наблюдается пестрота почвенного покрова и соответствующая ей контрастность геофизиологических условий. Мощность сезонно-талого слоя почв варьирует от 55 до 180 см, при этом наблюдается важная закономерность: обратная зависимость мощности СТС почв от мощности органогенного горизонта почв – торфа или подстилки (рис. 19).

Как известно, торф обладает теплоизолирующими свойствами по отношению к поступающей на поверхность земли солнечной радиации, ввиду чего почвы с наибольшими мощностями торфяного го-

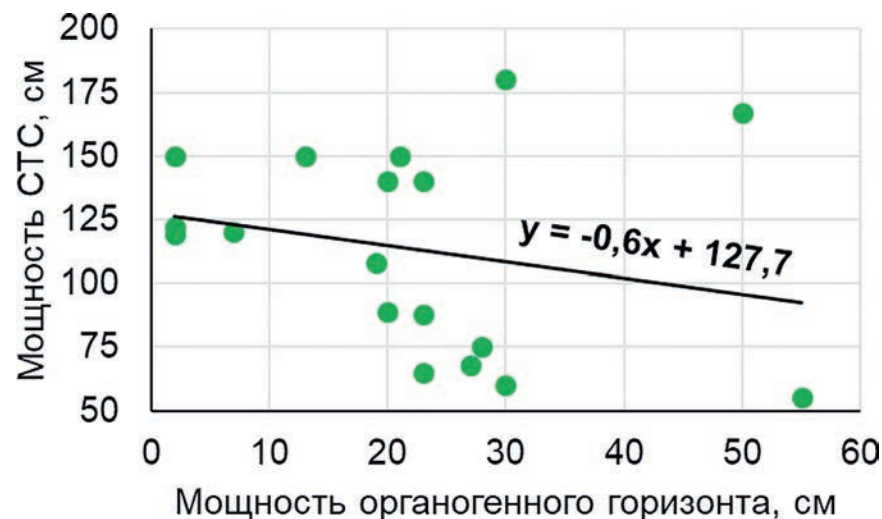


Рис. 19. Диаграмма зависимости мощности сезонно-талого слоя почв (СТС) от мощности их органогенного горизонта

ризонта характеризуются наименьшими глубинами залегания кровли ММП. Тем не менее зависимость не является сильной, поскольку отепляющий эффект на подстилающие многолетнемёрзлые породы могут оказывать также и другие факторы, например, влажность и гранулометрический состав. Также к растеплению ММП и изменению геофизиологических условий может приводить антропогенная деятельность. К примеру, аэрированные насыпные техногенные субстраты обладают благоприятными водно-фильтрационными свойствами и теплопроводностью, из-за чего глубины залегания ММП под ними увеличиваются. Другим примером является антропогенно спровоцированный процесс термокарста, часто проявляющегося вблизи дорожных насыпей, как современных и ныне действующих, так и старых, ныне заброшенных (рис. 20).

Почвенно-мерзлотные исследования на территории ЯНАО необходимы из-за широкого распространения подстилающих ММП и их динамики на фоне современных изменений климата. Особо эффективными они могут оказаться при детальном обследовании небольших ключевых участков с высоким почвенно-ландшафтным разнообразием и контрастными геофизиологическими условиями, одним из которых вполне может стать карбоновый полигон «Семь лиственниц» при должном освоении этой территории и размещении на ней почвенно-мерзлотного стационара.



Рис. 20. Антропогенно спровоцированные обводнённые термокарстовые понижения вблизи дорожной насыпи и трубопровода.

1. Атлас Тюменской области [Карты] / сост. Тюменской комплексной экспедицией Геогр. ф-та МГУ совместно с ф-кой № 4 ГУГК; ред. коллегия: ... проф. И.П. Заруцкая (отв. ред.) [и др.]. – Москва; Тюмень: ГУГК, 1971-1976.

2. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа [карты, рукопись]: атлас / гл. ред. С. И. Ларин. - Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. - 303 с.

3. Боч, М.С., Герасименко Т.В., Толчельников Ю.С. Некоторые особенности растительности и почв тундровой зоны Ямала / М. С. Боч, Т. В. Герасименко, Ю. С. Толчельников. – Текст : непосредственный // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. – 1971. – Т. 103. №6. – С. 531–538.

4. Васильевская, В.Д. Почвы, первичная продуктивность и устойчивость ландшафтов Ямала к техногенным воздействиям / В. Д. Васильевская. – Текст : непосредственный // Экология и практ.: тез. докл. к конф. – Томск, 1989. – С. 142–144.

5. Васильевская, В.Д., Иванов, В.В., Богатырёв, Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. / В. Д. Васильевская, В.В. Иванов, Л.Г. Богатырёв. М: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 227 с. - Текст: непосредственный.

6. Герасимов, И.П., Розов Н.Н., Ромашкевич А.И. Почвы / И. П. Герасимов, Н. Н. Розов, А. И. Ромашкевич // Природные условия и естественные ресурсы СССР. Западная Сибирь. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – С. 158–165. - Текст: непосредственный.

7. Глинка, К.Д. Географические результаты почвенных исследований в Азиатской России /К. Д. Глинка . - Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1912. – №1. – С. 43–63.

8. Городков, Б.Н. Вечная мерзлота в северном крае / Б. Н. Городков // Тр. СОПС АН СССР. Сер. Северная. – Л.: 1932. – Вып. 1. – 109 с. - Текст: непосредственный.

9. Городков, Б.Н. Движение растительности на севере лесной зоны Западно-Сибирской низменности / Б. Н. Городков. - Текст: непосредственный // Проблемы физической географии. – М.; Л.. – 1946. – Вып. 12. – С. 81–106.

10. Городков, Б.Н. Почвы равнинной тундры СССР / Б. Н. Городков. - Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1930. – №4. – С. 87– 105.

11. Дворников, О.А. Почвенный покров центральной части Гыданского полуострова / О. А. Дворников. – Текст : непосредственный // Генезис, география и картография почв: Научн. тр. Почв. ин-та. М.: 2000. – С. 291– 302.

12. Добровольский, Г.В., Урусевская, И.С., Алябина, И.О. Почвенно-географическое районирование. Масштаб 1:15 000 000 // Национальный атлас России. Том 2.

13. Драницын, Д.А. Вторичные подзолы и перемещение подзолистой зоны на севере Обь-Иртышского водораздела / Д. А. Драницын. – Текст : непосредственный // СПб.: Издание Докучаевского почвенного комитета. – 1914 б. – №2.

14. Драницын, Д.А. О некоторых зональных формах рельефа Крайнего Севера / Д. А. Драницын. – Текст : непосредственный // Почвоведение. – 1914 а. – Т. 16. №4. – С. 21–68.

15. Иванова, Е.Н. Субарктическая зона тундровых почв / Е. Н. Иванова. - Текст: непосредственный // Почвенно-географическое районирование СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 29–31.

16. Ливеровская-Кошелева, И.Т. К вопросу о тиксотропности почв тундровой зоны / И. Т. Ливеровская-Кошелева. – Текст : непосредственный // Проблемы Севера. – М.; Л.. –1964. – Вып. 8. – С. 225-237.

17. Ливеровский, Ю.А. О морозном выветривании и почвообразовании в тундре / Ю. А. Ливеровский. – Текст : непосредственный // Проблемы сов. почвоведения. –1939. – Сб. 7. – С. 43-49.

18. Михайлов, И.С., Михайлов, С.И. Опыт создания и содержание почвенно-экологической карты Ямало-Ненецкого автономного округа / И. С. Михайлов, С. И. Михайлов. – Текст : непосредственный // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2017. – Вып. 87. – 18 с.

19. Московченко, Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири / Д. В. Московченко. – Текст : непосредственный // География и природ. ресурсы. – 2006. – №1. – С. 63–70.

20. Московченко, Д.В. Нефтедобыча и окружающая среда: Эколого-геохимический анализ Тюменской области. / Д.В. Московченко. – Новосибирск.: Наука, 1998. – 112 с. – Текст : непосредственный.

21. Национальный атлас Арктики [Карты] / сост. и подгот. к изд. АО «Роскартография» в 2017 г.; гл. ред. Н. С. Касимов. - Москва : Роскартография, 2017.

22. Национальный атлас почв Российской Федерации / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Фак. почвоведения ; О-во почвоведов им. В. В. Докучаева ; под общ. ред. С. А. Шобы ; отв. ред. И. О. Алябина, И. С. Урусевская, О. В. Чернова ; [отв. ред.-картограф Е. Я. Федорова]. - Москва : Астрель [и др.], 2011. - 631 с.

23. Национальный атлас России в четырех томах [Карты] / гл. редкол.: А.В. Бородко (пред.), В.В. Свешников (гл. ред.) и др. - [М-бы разные]. - Москва : Роскартография, 2004-2008. - 4 т. – Т.2.

24. Оя, А.А. О микроморфологии тундровых почв / А. А. Оя. - Текст : непосредственный // Биологические проблемы Севера: 9-й симпозиум, Сыктывкар. –1981: тез. докл. – Сыктывкар. –1981. – Ч. 1. – С. 309.

25. Почвенная карта РСФСР [Карты] / ВАСХНИЛ; Почвен. ин-т им. В.В. Докучаева; Госагропром РСФСР; гл. ред. В.М. Фридланд; редкол.: В.В. Егоров (пред.) и др.; сост. и подгот к печати ф-ко №10 в 1987 г.; ред. Н.В. Ермакова, П.П. Колесник. - 1:2 500 000, 25 км в 1 см. - Москва : ГУГК, 1988.

26. Россия [Карты] : сост. и подгот. к изд. ФГУП «Омская картографическая фабрика; карт. основа - Роскартография; ред. Н.П. Лагутина. - 1: 8 500 000, 85 км в 1 см. - 2010 г. с изм. - [Омск] : Омская карт. фабрика, 2010.

27. Тонконогов, В.Д. Автоморфное почвообразование в тундровой и таёжной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин / В. Д. Тонконогов. - М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. – 304 с. - Текст: непосредственный.

28. Тонконогов, В.Д. О влиянии дефляции на почвообразование в тундре Западной Сибири / В. Д. Тонконогов. - Текст : непосредственный // Почвоведение. – 1975. – №12. – С 23–31.

29. Тонконогов, В.Д. Почвенный покров /В. Д. Тонконогов. - Текст : непосредственный // Ямало-Гыданская область (физико- географическая характеристика). - Л.: Гидрометеиздат. –1977. – С. 169–197. - Текст: непосредственный.

30. Тыртиков, А.П. Динамика растительности и развитие некоторых мерзлотных форм рельефа в лесотундре и северной тайге Западной Сибири / А. П. Тыртиков. – Текст : непосредственный // Растительность лесотундры и пути её освоения. – Л.: – 1967. – Вып. 7. – С. 194–202.

31. Урусевская, И.С., Алябина, И.О., Шоба, С.А. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте: Учебное пособие / Отв. ред. И.С. Урусевская. – М.: МАКС Пресс, 2020. – 100 с.

32. Почвы криолитозоны Западной Сибири : морфология, физико-химические свойства, геохимия / В.Я. Хренов ; отв. ред. Н.Г. Москаленко ; Рос. акад. наук, Сибир. отд-ние, Ин-т криосферы земли – 211 с. - Текст : непосредственный

33. Экологический атлас России [Карты] / М-во природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Русское географическое о-во, Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова ; гл. ред.: Касимов Н. С. и Тикунов В. С. ; отв. ред.: Венчикова В. Р. и Котова Т. В. - [М-бы разные]. - Москва : Феория, 2017. – 509 с.

**Арктический научно-исследовательский стационар
института экологии растений и животных
уральского отделения российской академии наук**

<https://ipae.uran.ru/enis>



Рис. 21. Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук.

Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (рис. 21) создан Постановлением Президиума АН СССР «Об организации научных исследований в районах Советского Севера» № 257 от 28 мая 1954 г. В июне 1954 г. часть сотрудников Ивдельского биологического стационара, существовавшего в системе Уральского филиала Академии наук (УФАН), переехала в г. Салехард, где заняла комплекс зданий, которые стали носить название ул. УФАН. В 1959 г. стационар переведен в г. Лабытнанги, и по сей день находится на его территории. Это единственное учреждение РАН на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.

В 2018 г. в рамках нацпроекта «Наука» на базе стационара создана новая лаборатория Динамики арктических экосистем. С момента своего основания стационар выполняет две главные задачи. Во-первых, это прием и сопровождение многочисленных экспедиционных групп головного Института и других научных учреждений. Для этого у стационара имеются теплоход «Зоолог» проекта РМ 376, автомобиль «Урал», внедорожное транс-



Рис. 22. Техника, необходимая для проведения экспедиций.

портное средство «Трэкол», лодки с подвесными лодочными моторами, снегоходы, квадроциклы и другое необходимое снаряжение для проведения экспедиций (рис. 22).

Во-вторых, собственный штат научных сотрудников проводит круглогодичные исследования арктических экосистем. В активе сотрудников Стационара проекты по изучению экологии леммингов и полевок, песца, атлантического моржа, кречета, куликов, домашнего северного оленя и других видов флоры и фауны Ямала (рис. 23). Исследования ведутся в рамках бюджетных тем Лаборатории динамики арктических экосистем и других подразделений Института.

Кроме того, на базе стационара ежегодно выполняются научные проекты по грантовым соглашениям, государственным контрактам и хозяйственным работам. Правительство ЯНАО поддерживает деятельность стационара, оказывая всемерное содействие в экспедиционных работах. В 2018 г. было выстроено новое комфортабельное офисное здание стационара, где размещаются рабочие кабинеты, а также небольшой музей.



Рис. 23. Исследование арктических экосистем.

**Городские и агрогенные почвы криолитозоны,
почвы парковых зон, обрабатываемые и залежные почвы
сельскохозяйственных угодий.
Ключевой участок «Ямальская опытная станция, г. Салехард».**



Рис. 24. Поле Ямальской опытной станции (в настоящее время – структурное подразделение ФГБУН ФИЦ ТюмНЦ СО РАН).

Поле Ямальской опытной станции (в настоящее время – структурное подразделение ФГБУН ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, рис. 24) общей площадью 5,6 га является опытным с 1932 года и находится на территории города Салехард (66.526631, 66.655486).

Это поле уникально в планетарном масштабе. Оно является одним из наиболее староосвоенных научно обоснованных агроценозов за Северным полярным кругом в Российской Федерации и циркумполярном мире, а также 90-летней мониторинговой площадкой, на которой возможно проведение наблюдений за многолетней динамикой свойств окультуренных почв. Поле Ямальской опытной сельскохозяйственной станции обрабатывается с 1932 года, оно вошло в систему Полярного земледелия СССР наряду с полями Нарьян-Марской, Игарской и других опытных станций, опережая период их освоения на 5 лет и уступая на 7 лет по давности возделывания только полю опытной станции Кольского полуострова (Моргун, Абакумов, 2019). В первые годы площадь полей Ямальской опытной станции для сельскохозяйственного назначения составляла 60 га и включала слабоструктурированные легкосуглинистые почвы на супесчаной материнской породе, в 2020 году площадь единственного оставшегося поля составляет всего 5,6 га.

В течение многих десятков лет на данном участке осуществлялись плановые масштабные опытные работы в области растениеводства, почвоведения и агрономии: разработка агротехнических мероприятий, подбор, выведение новых ценных сортов зерновых, овощных и кормовых культур. Научные работы продолжались вплоть до 2007 года, когда они постепенно были свернуты. Однако даже в период с 2007 по 2018 гг. на этом поле продолжали высаживать картофель, то есть осуществлялись агрономические практики. Внедрение комплексных агрономических мероприятий привело к тому, что за 90 лет здесь сформировался комплекс уникальных агропочв, аналогов которому нет во всем мире (Abakumov et al., 2020a, 2020b). Такой важный ресурс в научном и агротехническом плане должен быть включен в единую сеть научных мониторинговых стационаров Ямало-Ненецкого автономного округа.

В физико-географическом отношении территория планируемого научного агростанции расположена в западной части Западно-Сибирской равнины, на севере Среднесибирской низменности и представляет собой пологую слабовсхолмленную равнину Полуйской возвышенности. По схеме зонально-ландшафтного районирования оно находится в лесотундровой зоне. Здесь резко континентальный

климат, который характеризуется продолжительной холодной зимой с поздним наступлением тепла и ранними заморозками. Согласно ландшафтному районированию, данная территория приурочена к Обско-Иртышской долинной области Обской долинной подобласти, Нижнеобской пойменной провинции Усть-Обского района (Атлас..., 2004). В соответствии с картой природных комплексов севера Западной Сибири (ВСЕГИНГЕО, 2011), территория относится к Обь-Надымской лесотундровой провинции морских и озёрно-аллювиальных равнин, к Обь-Надымскому ландшафтному району.

Специфическое положение данного поля заключается в том, что оно находится в городе и со всех сторон окружено многоэтажными и частными жилыми домами, а также зданиями промышленного назначения (рис. 25). В связи с тем, что город постоянно растёт и развивается, существуют опасения, что поле является привлекательной территорией для капитального строительства и в перспективе может исчезнуть из-за расширения городской застройки.



Рис. 25. Поле Ямальской опытной сельскохозяйственной станции в окружении жилых построек.

Мониторинговые исследования почвы Ямальской опытной сельскохозяйственной станции ведутся нами уже 3 года (2020-2022 гг.). Первое описание почвенного профиля и отбор проб состоялись в 2020 году (поле находилось «под паром» весь год). В 2021 году планировалась посадка сортового картофеля, но это мероприятие так и не было осуществлено, поле перешло в залежное состояние. В 2022 году на поле был посажен рапс, а малый участок был засеян картофелем.

Агрофитоценоз (по состоянию на 2020 г.) включает (рис. 26): виды семейства злаковые (*Poaceae*) (cop2), хвощ луговой (*Equisetum pratense* Ehrh.) (rar), пырей ползучий (*Elytrigia répens*) (cop2). Проективное покрытие – 50%. Средняя высота травостоя – 6-10 см, $t_{\text{возд.}} = +25,6 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_{\text{пов.почвы}} = +25,5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Название фитоценоза – злаково-разнотравный.



Рис. 26. Злаково-разнотравный фитоценоз, сформированный на однолетней залежи (2020).

В 2021 году поле уже представляло собой злаково-разнотравный луг, включающий виды *Poaceae* (cop1), иван-чай узколистый (*Chamaenérion angustifolium*) (cop1) и пырей ползучий (*Elytrigia répens*) (cop3), вейник наземный (*Calamagróstis epigéjos*) (sp). Здесь произрастали представители семейства лютиковых (*Ranunculaceae* Juss.) (un), горошек мышиный (*Vicia crácca*) (sp), звездчатка злаковая (*Stellária gramínea*) (sp), луговик дернистый



Рис. 27. Процесс вторичной сукцессии на агрогенно-преобразованных почвах поля Ямальской опытной сельскохозяйственной станции за 2 года (2021 г.).



Рис. 28. Посадки рапса (а) и картофеля (б) на поле Ямальской опытной сельскохозяйственной станции в 2022 году.



(*Deschampsia cespitosa*) (sp) и ромашка Гукера (*Mathricaria hookeri* (Sch. Bip.) Hutch.) (sp). По обочине поля отмечалось обилие полыни Тилезиуса (*Artemisia tilesii* Ledeb.) (cop2), встречалась скерда черноватая (*Crepis nigrescens* Pohle) (rar), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*) (rar) и колокольчик круглолистный (*Campanula rotundifolia* L.) (rar). Проективное покрытие – 90-95% (рис. 27).

В 2022 году основная площадь была распахана и засеяна рапсом (*Brassica napus*), весь травостой был скошен. На отдельном участке поля были высажены различные сорта картофеля (рис. 28).

В результате агрогенной трансформации экосистем за 89 лет на исследуемом поле сформировался агрогенно-преобразованный почвенный полипедон – агродерново-подбур иллювиально-железистый глеевато-псевдофибровый постагрогенный на аллювиальных слоистых отложениях (АУра – ВFg,ff – ВСg,ff – Cg,ff,@~) (рис. 29). Это произошло под влиянием научно обоснованного сельскохозяйственного освоения целинных почв лесотундры и систематического внесения удобрений.

Рис. 29. Почвенный профиль агродерново-подбура на поле Ямальской опытной сельскохозяйственной станции в 2020-2022 гг.

АУра (0-30 см) – светло-буровато-коричневый, сухой, 0-10 см – рыхлый, 20-30 см – уплотненный; свежий, большое количество корней, крупнокомковатый, легкий суглинок, граница слабо волнистая, переход заметный по окраске и гранулометрическому составу. Отмечено наличие антропогенных включений (стекло и уголь).

ВFg,ff (30-75 см) – охристо-рыжего цвета с серыми вкраплениями, свежий, уплотненный, супесь, крупнокомковато-глыбистый, граница ровная, переход постепенный;

ВСg,ff (75-160 см) – горизонт охристо-рыжего цвета с сизыми пятнами оглеения, свежий, супесь, бесструктурный, граница ровная, переход ясный;

Cg,ff,@~ (160-210 см) – песок светло-серо-бежевого цвета, свежий, уплотненный, бесструктурный с редоксиморфными пятнами и криотурбационными признаками.

Почва: агродерново-подбур иллювиально-железистый глеевато-псевдофибровый постагрогенный на аллювиальных слоистых отложениях (описание дано по состоянию на 2021 г.)

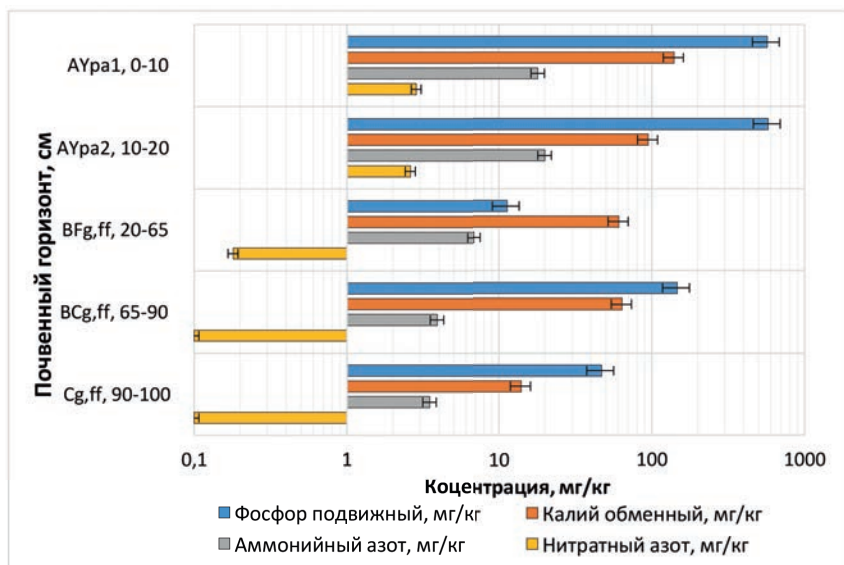
Невзирая на то, что подбуры сравнительно малоплодородны, на агропочвах Ямальской опытной сельскохозяйственной станции, как и на полях Шурышкарского района (д. Ямгорт, с. Мужи), получают самые высокие в пределах ЯНАО урожаи сельскохозяйственных культур.

Многолетнее научно-обоснованное сельскохозяйственное использование почв Ямальской сельскохозяйственной станции способствовало формированию плодородного гумусово-аккумулятивного горизонта, насыщенного доступными соединениями фосфора, калия и азота (Nizamutdinov et al., 2021). На протяжении трехлетних исследований нами постоянно фиксировались высокие концентрации элементов питания в поверхностных почвенных горизонтах (рис. 30 а, б, в).

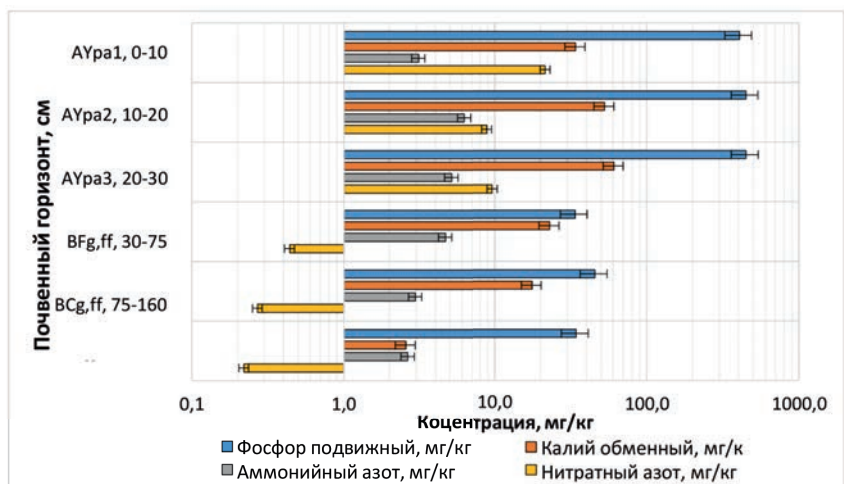
По состоянию на 2021 год (табл. 8) в гумусово-аккумулятивном горизонте обнаружены высокие концентрации подвижных соединений фосфора (до 450 мг/кг) и обменного калия (до 60 мг/кг). Концентрации минеральных форм азота также максимальны в поверхностном горизонте почвы: аммонийный азот – до 6 мг/кг; нитратный азот – до 22 мг/кг. Наблюдается вынос элементов питания в минеральные горизонты ВF, ВС и С. На глубине 160-200 см концентрация подвижного фосфора достигает 34 мг/кг, обменного калия – 2,5 мг/кг, аммонийного и нитратного азота – 2,6 и 0,2 мг/кг соответственно. Распределение элементов питания протекает по равномерно- или регрессивно-аккумулятивному типу (Nizamutdinov et al., 2022).

В 2022 году содержание элементов питания в поверхностных почвенных горизонтах поля агростанции остается на приемлемом уровне, обнаружены высокие концентрации подвижного фосфора (>1200 мг/кг) и обменного калия (>100 мг/кг).

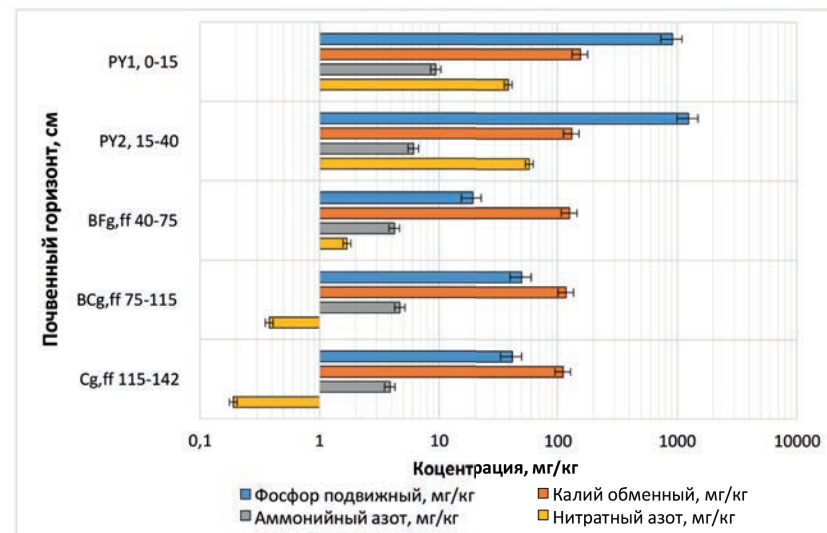
В отобранных в 2021 году образцах был выполнен анализ вертикального распределения химических элементов и некоторых характеристик



а



б



в

Рис. 30. Вертикальное распределение концентраций основных элементов питания в почве Ямальской опытной сельскохозяйственной станции в 2020-2022 гг. (а-в соответственно).

в почвенном профиле (таблица 8). Вертикальное распределение значений pH почвы на поле Ямальской сельскохозяйственной станции неоднородно. Самые низкие значения обнаружены в гумусово-аккумулятивном горизонте (AY). Ниже, в горизонтах BF и BC и почвообразующей породе pH H₂O приближается к 7. Концентрации почвенного органического углерода максимальны в антропогенно-измененных горизонтах. Самое высокое содержание – в верхних 30 см почвенного профиля (горизонт AY), где количество органического углерода достигает 2%.

Вертикальное профильное распределение металлов и оксидов металлов по почвенному профилю соответствует регрессионно-аккумулятивному и (реже) прогрессивно-элювиально-иллювиальному типам распределения. Формирование антропогенно-дифференцированного профиля распределения, свойственного для большинства агроземов и конструкторземов, является следствием длительного сельскохозяйственного использования данного почвенного ареала (90 лет).

Максимальные концентрации всех (за исключением валовой концентрации хрома) металлов и оксидов металлов было зафиксировано

в верхней части (0-10 см) агрогумусового горизонта АУ. Резкое снижение концентраций происходит в переходном иллювиально-железистом горизонте ВFg,ff, где особенно заметны понижения концентраций для окиси железа и кобальта (Nizamutdinov et al., 2022).

Таблица 8. Химическая характеристика почвенного профиля (2021 г.).

Почвенный горизонт, см	pH H ₂ O	pH KCl	C _{орг} , %	Валовое содержание металлов и оксидов										
				мг/кг						Fe ₂ O ₃ , %	мг/кг			TiO ₂ , %
				Sr	Pb	As	Zn	Ni	Co		MnO	Cr	V	
АУра1, 0-10	4,8	3,6	1,64	198	23	16	47	23	5	3,54	424	81	113	0,898
АУра2, 10-20	5,1	3,6	1,89	188	13	16	40	19	4	3	358	98	104	0,852
АУра3, 20-30	4,9	3,5	2,02	203	9	13	39	21	5	3,17	372	83	97	0,778
ВFg,ff, 30-75	5,1	3,8	0,07	186	9	16	24	16	2	2,28	371	63	86	0,775
BCg,ff, 75-160	6,4	4,2	0,02	166	11	9	15	14	1	1,09	295	121	53	0,482
Cg,ff, 160-200	6,6	4,3	0,02	159	3	8	15	10	2	0,71	178	51	24	0,335

В 2021-2022 г выполнена аэрофотосъемка поля и отобраны пробы для почвенно-агрохимического и экотоксикологического картографирования. Поле станции характеризуется ровной поверхностью, без выраженного мезо- и микрорельефа (рис. 31). В центре и на краю поля показаны уникальные для всего мира лесозащитные полосы, расположенные на полярном круге.

Проведено почвенно-агрохимическое картографирование и оценка экотоксикологического состояния поля, данные частично опубликованы ранее (Suleymanov et al., 2022, Nizamutdinov et al., 2022). Выявлено,



Рис. 31. Аэрофотоснимки поля Ямальской агростанции (а – 2021 г., б – 2022 г.).

что для почв поля характерна существенная пространственная неоднородность (рис. 32, таблицы 9-10). При этом неоднородность для всех химических элементов является уникальной. Причины этого явления требуют более пристального изучения в будущем, но можно предположить, что это связано с проведением долгосрочных агрономических экспериментов при внесении различных доз удобрений и разных типов севооборота. Тем не менее уже ясно, что почти столетнее агрогенное освоение почвы не приводит к полной гомогенизации пахотного слоя.

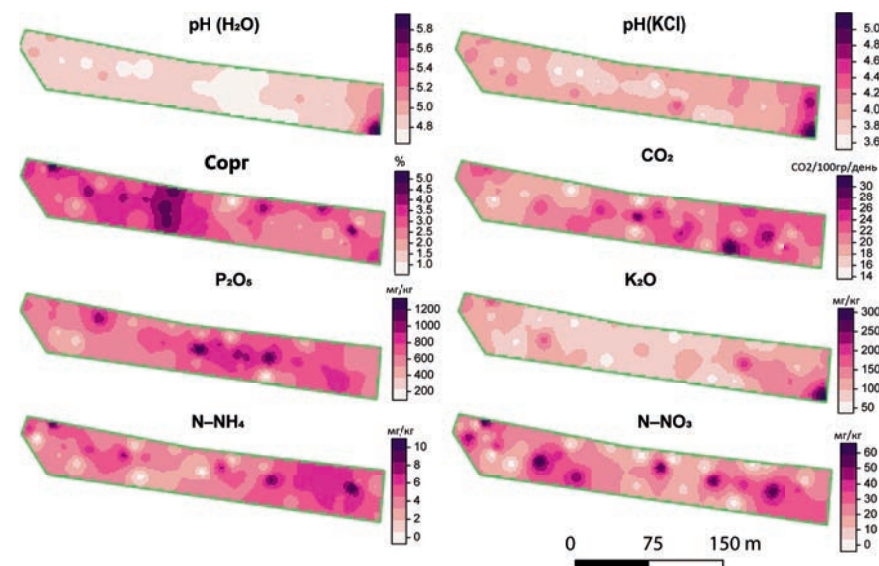


Рис. 32. Картограммы пространственного распределения агрохимических и химических свойств почвы Ямальской агростанции (адаптировано из Suleymanov et al., 2022)

Таблица 9. Вариативность агрохимических показателей почвы Ямальской опытной сельскохозяйственной станции (слой 0-10 см).

Параметр	pH H ₂ O	pH KCl	C _{орг} , %	Фосфор подвижный, мг/кг	Калий обменный, мг/кг	Аммонийный азот, мг/кг	Нитратный азот, мг/кг
	n = 40						
Мин	4,7	3,6	0,9	165,0	53,0	0,9	0,2
Макс	5,9	5,1	5,1	1268,0	294,0	10,3	62,8
Среднее	5,0	3,8	3,1	665,6	106,8	4,8	25,4
SD	0,2	0,2	0,9	235,6	47,9	2,2	19,2

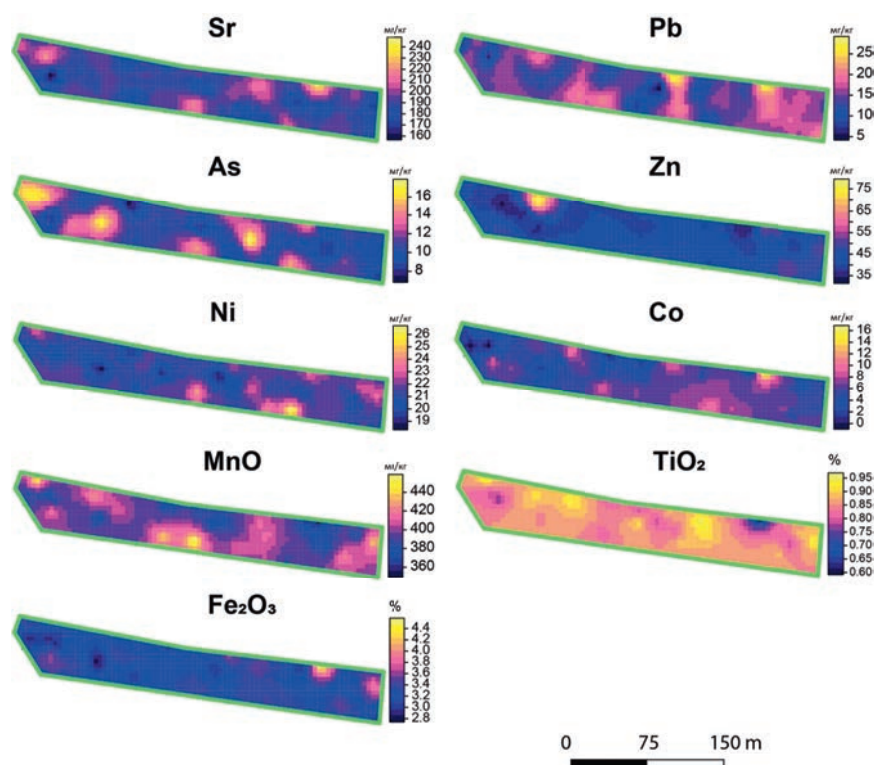


Рис. 33. Карты пространственного распределения концентраций тяжелых металлов и некоторых оксидов в почве Ямальской агростанции (слой 0-10 см).

Неоднородность распределения также прослеживается для концентраций тяжелых металлов и некоторых оксидов (рис. 33). Были обнаружены локальные минимумы и максимумы концентраций элементов.

Пространственная неоднородность полиметаллического загрязнения также связана с особенностями проведения сельскохозяйственных опытов в период 1932-2007 гг. Так, ежегодно опытное поле делилось на множество микроучастков с различным характером и типом внесения удобрений, разными агротехническими мероприятиями и разными сельскохозяйственными культурами, что, безусловно, оказало влияние на характер распределения тяжелых металлов в почве (Nizamutdinov et al., 2022).

Таблица 10. Вариативность концентраций тяжелых металлов и некоторых оксидов в почве Ямальской опытной сельскохозяйственной станции (слой 0-10 см).

Параметр	Sr	Pb	As	Zn	Ni	Co	MnO	Cr	V	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
	мг/кг									%	
	n = 40										
Мин	160	4	7	35	17	0	333	71	73	2,8	0,5
Макс	247	30	18	80	29	16	499	140	117	4,6	1,0
Среднее	192	15,4	11,5	43	21,5	5,6	399	90,7	97,8	3,3	0,85
SD	16,3	5,8	2,8	7,4	2,36	3,1	38,4	15,4	10,2	0,3	0,08

Почвы и агроценозы поля используются и в образовательных целях. Так, в 2022 году была проведена летняя полевая практика студентов СПбГУ (международная магистерская программа «РОМОР – полярные и морские исследования»), в ходе которой, кроме природных тундр и приледниковых ландшафтов, студенты изучали агропочвы поля. Подобные объекты крайне важны для формирования необходимых компетенций студентов вузов.

Таким образом, единственное поле Ямальской опытной сельскохозяйственной станции имеет важнейшее научное и сельскохозяйственное значение, причем не только для Ямало-Ненецкого округа, но и для всей Арктической зоны Российской Федерации (Абакумов, Моргун, 2020). Проблемы импортозамещения в региональном масштабе тесно связаны с использованием локальных ресурсов, в том числе и почвенно-агроэкологических. Это особенно важно в контексте того, что происходит потепление климата и полярные территории становятся особо ценными для земледелия; происходит экспансия сельскохозяйственных практик на Север, что во многом уравнивает в производственных правах удаленные регионы с центральными. Принятие в 2018 г. Федерального закона «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» это подтверждает и актуализирует обозначенную проблематику (№ 280-ФЗ).

Мы считаем, что этот уникальный агробиоценоз должен стать базовым научным стационаром и должен быть включен в региональную систему комплексного экологического мониторинга.

1. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа [карты, рукопись] : атлас / гл. ред. С. И. Ларин. - Омск : Омская картографическая фабрика, 2004. - 303 с.

2. Абакумов Е.В., Моргун Е.Н. О необходимости создания научного стационара полярного земледелия на Ямале / Е. В. Абакумов, Е. Н. Моргун. – Текст : электронный // Биосферное хозяйство: теория и практика. – 2020. – № 12 (30). – С. 66-74. – URL : <http://biosphere-sib.ru/news/551/> (дата обращения: 10.06.2023).

3. Моргун Е.Н., Абакумов Е.В. Исследования в области сельского хозяйства и урожайность сельскохозяйственных культур в ЯНАО: ретроспективный анализ (1932- 2019 гг.) / Е. В. Абакумов, Е. Н. Моргун. – Текст : непосредственный / Научный Вестник ЯНАО. – 2019. – №3. – С. 4-10.

4. Nizamutdinov T, Suleymanov A, Morgun E, Yakkonen K and Abakumov E (2022) Soils and olericultural practices in circumpolar region of Russia at present and in the past. *Front. Sustain. Food Syst.* 6:1032058. doi: 10.3389/fsufs.2022.1032058

5. Suleymanov, A.; Nizamutdinov, T.; Morgun, E.; Abakumov, E. Evaluation and Spatial Variability of Cryogenic Soil Properties (Yamal-Nenets Autonomous District, Russia). *Soil Syst.* 2022, 6, 65

Отпечатано в типографии «Золотой тираж» (ООО «Омскбланкиздат»)

Россия, 644007, г. Омск, ул. Орджоникидзе, 34, тел. 212-111

www.золотойтираж.рф

Подписано в печать 08.08.2023.

Формат 640x900¹/₁₆, Усл. печ. л. 4,375.

Гарнитура Minion Pro. Печать офсетная.

Заказ № 351764. Тираж 150 экз.



МЕРЗЛОТНЫЕ
ПОЧВЫ
В АНТРОПОЦЕНЕ