

УДК 631.48

Степень гумификации органического вещества почв южного Ямала и восточного макросклона Полярного Урала

Алексеев Иван Ильич, Абакумов Евгений Васильевич

Аннотация:

Была исследована степень гумификации (по показателю Сгк/Сфк) верхних горизонтов почв Южного Ямала и восточного макросклона Полярного Урала. Было установлено, что наиболее высокие отношения Сгк:Сфк характерны для почв лесотундры. Наиболее низкими значениями отношений Сгк:Сфк отличаются почвы с торфяными горизонтами. В изученных почвах преобладает фульватный типа гумуса, при этом почвы Полярного Урала характеризуются более высокими значениями отношений Сгк/Сфк по сравнению с большинством почв равнинных территорий.

Ключевые слова: Ямал, Полярный Урал, органическое вещество, гумификация

Organic matter humification rate in soils of southern Yamal and eastern macroslope of the Polar Urals

Alekseev Ivan Ilych, Abakumov Evgeny Vasilievich

Abstract:

The topsoils of soils of southern Yamal and eastern macroslope of the Polar Urals have been investigated. It was established that soils of forest tundra are characterized by the highest Cha/Cfa ratios. Soils with histic material are characterized by the lowest Cha/Cfa ratios. Fulvic type of humus is common feature for the most of studied soils. Soils of the Polar Urals are characterized by higher value of Cha/Cfa ratios in comparison with soils of flat areas.

Keywords: Yamal, the Polar Urals, organic matter, humification

Введение

Зональность процесса гумификации во многом коррелирует с законом географической зональности почв, открытым В.В. Докучаевым [6]. Это связано с единством процесса гумусообразования и почвообразовательного процесса на профилном уровне.

Почвы играют важнейшую роль в функционировании и развитии полярных биомов Земли. Изучение почвенного покрова Арктики представляет собой важную задачу в силу недостаточной изученности таксономического, функционального разнообразия почв этого региона, его роли в функционировании экосистем и степени его изменения под действием антропогенного фактора. Почвы полярных регионов до недавнего времени чаще всего рассматривались с позиций оценки биоклиматических параметров, тогда как литологические особенности часто не принимались в расчет [5].

Почвенный покров Полярного Урала изучен недостаточно полно. Предшествующие исследования были посвящены изучению западного макросклона [7, 8].

Гумификация – это био-физико-химический процесс трансформации промежуточных высокомолекулярных продуктов разложения органических остатков в гумусовые кислоты. Процесс гумификации является глобальным процессом, который протекает на всех континентах Земли, в том числе в самых экстремальных условиях. Гумификация протекает и в полярных почвах (арктических и антарктических). На сегодняшний день не прекращаются споры о механизмах и путях гумификации, что связано с наличием нескольких различных концепций наземной гумификации [1]. Продуктами гумификации являются высокомолекулярные соединения, которые относятся к классу гумусовых кислот и представлены гуминовыми кислотами (ГК) и фульвокислотами (ФК).

Соотношение С_{гк}:С_{фк} различается в почвах разных природных зон и зависит, в первую очередь, от биоклиматических условий, а также литолого-геохимических характеристик [1]. В гумусе почв полярных регионов преобладает группа фульвокислот, при продвижении в бореальный и суббореальный пояс групповой состав гумуса смещается в сторону сначала гуматно-фульватного, фульватно-гуматного и, наконец, гуматного.

Прекурсорами гумификации являются олиго- и мономеры, важной представляется проблема их изучения в полярных регионах. Большое влияние на их свойства оказывает видовой состав растительных сообществ. Гумификация в условиях Антарктического континента изучались Абакумовым и др. [1, 2, 3]. Прекурсоры гумификации в Арктике изучались А.Г. Завариной и др. [9, 10].

Целью данного исследования является оценка соотношения углерода гуминовых кислот и фульвокислот в верхних горизонтах почв Ямала и восточного макросклона Полярного Урала в условиях криогенеза.

Объекты и методы исследования

Данное исследование проводилось на территории Ямало-Ненецкого автономного округа и включало в себя изучение почв окрестностей города Салехард, окрестностей реки Халыталбей (приток – река Щучья), восточного макросклона Полярного Урала (г. Черная и долина между г. Черная и плато Кердамон-Шор) и предгорий Полярного Урала (рис. 1.)



Рис.1. Район исследования. 1 – окрестности города Салехард; 2 – Полярный Урал (гора Черная); 3 – окрестности реки Халыталбей; 4 – предгорья Полярного Урала.

Район исследования находится в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты. Мощность деятельного слоя варьирует здесь от 30 см (на породах тяжелого гранулометрического состава) до 1,5 м (на породах легкого гранулометрического состава).

Полуостров Ямал – это относительно плоская низменная аккумулятивная равнина. Основной чертой рельефа здесь является ступенчатость и террасированность. Террасы при этом сформированы преимущественно морской абразией и аккумуляцией [4]. Разнообразные формы микро- и мезорельефа, среди которых преобладают криогенные (полигональные формы восходящего и нисходящего движения, термокарстовые озера и западины, бугры пучения), осложняют поверхности террас.

Формирование специфического рельефа Полярного Урала обусловлено, в первую очередь, процессами криогенного выветривания,

одним из результатов которого является образование курумов и структурных (полигональных) грунтов. Развитию солифлюкционных процессов способствуют многолетняя мерзлота и частые колебания температуры [12].

Растительный покров района исследования в его равнинной части представлен в основном кустарничково-моховой тундрой (преобладают *Betula nana*, *Ledum palustre*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*, *Cladonia rangiferina*, *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum magellanicum*). Растительные сообщества предгорий Полярного Урала и горы Черной более разрежены, преобладает кустарничково-моховая тундра на склонах (*Ledum palustre*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*, *Cladonia rangiferina*) и болотные сообщества в долине между г. Черной и плато Кердамон-Шор (*Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum magellanicum*). Склоны гор Полярного Урала представлены каменистыми россыпями, зачастую полностью лишенными какой либо растительности (за исключением так называемых «колец пучения», являющимися островками развития высшей растительности) (рис. 2.)

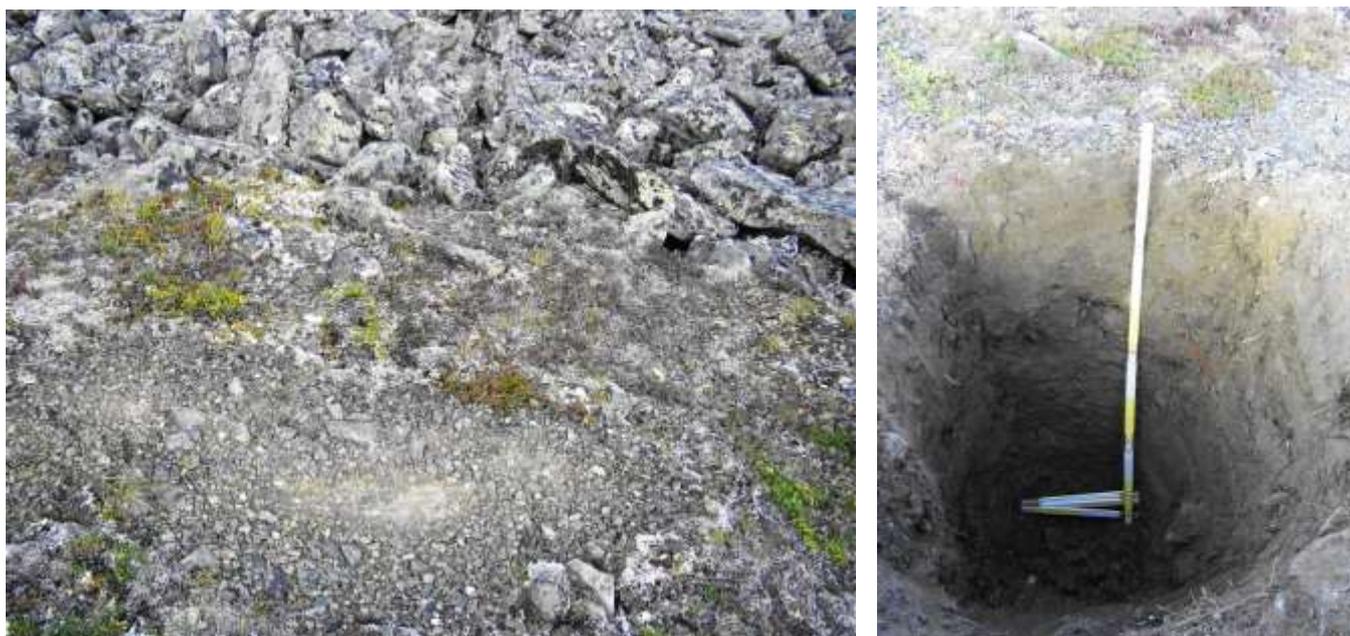


Рис. 2. Кольцо пучения (а) и криозем легкосуглинистый (б)

Почвы района исследований находятся под сильным воздействием криогенного фактора почвообразования (рис. 3.). Этот фактор выражается в почвенных профилях, в первую очередь, в развитии процессов оглеения и криогенного массообмена (криотурбаций). Первый из них может проявляться в надмерзлотном контактном оглеении (помимо него оглеение, связанное с сезонным переувлажнением, может наблюдаться и в верхней части профиля), второй – в перемешивании и гомогенизации почвенной массы, усложнении вертикального

распределения почвенных характеристик по профилю.

Диагностика почв проводилась согласно «Классификации и диагностике почв России» и мировой коррелятивной базе почвенных ресурсов [13]. Мощность деятельного слоя определялась с помощью методики вертикального электрофизического зондирования (прибор LandMapper).

Кроме того, в исследовании использовались следующие методы лабораторного анализа почв:

- определение содержания углерода гуминовых кислот и фульвокислот выполнялось пирофосфатным методом (Кононова, Бельчикова, 1961);
- определение содержания углерода органических соединений – по Тюрину;
- мезоморфологический анализ почв (с помощью электронного микроскопа).



(a)

(б)



(В)



(Г)



(Д)



(е)



(ж)

(з)

Рис.3. Примеры почв и ландшафтов района исследования: окрестности города Салехард (а, б); Полярный Урал (в, г); окрестности реки Халяталбей (д, е); предгорья Полярного Урала (ж, з).

Результаты и обсуждение

Одной из важнейших функций гуминовых веществ является их участие в круговороте соединений органического углерода и их стабилизации. В связи с накоплением устойчивых фракций гумусовых веществ в верхнем метровом слое почв сосредоточено около двух третей органического углерода современных наземных экосистем [12], в особенности это касается почв криогенных экосистем. Криогенные почвы служат источником огромных запасов органического углерода [14]. Все более очевидное потепление климата Арктики и существенные запасы органического углерода в криогенных почвах обуславливают необходимость более детальной оценки динамики гумусовых соединений в почвах, находящихся в условиях многолетней мерзлоты. В то же время важной представляется задача изучения процесса гумификации, а также его динамики в географическом аспекте в условиях полярного пояса. Наблюдаемое в изученных почвах преобладание углерода фульвокислот (и в целом фульватного типа гумуса) с учетом того, что в составе фульвокислотной фракции доминируют низкомолекулярные фрагменты, свидетельствует о повышенных минерализационных рисках в системе гумусовых веществ полярных почв в условиях дальнейшего потепления климата Арктики.

Содержание углерода гуминовых кислот и фульвокислот, а также их соотношение в верхних горизонтах изученных почв приведены в таблице 1. Наиболее широкое отношение $S_{гк}/S_{фк}$ характерно для

грубогумусовой глееватой среднесуглинистой почвы на многолетнемерзлых суглинках (участок лесотундры – лиственничное травяно-кустарничковое редколесье), что свидетельствует о наиболее активной гумификации в условиях поступления в почву растительного опада, обогащенного лигнинсодержащими фрагментами именно в лесотундрах. Наиболее низкие показатели отношения Сгк/Сфк характерны для почв с мощным торфяным (торфянистым) горизонтом, что связано с консервацией и замедленной гумификацией растительных остатков. Полученные данные свидетельствуют о различной степени гумификации органических остатков под разными растительными сообществами в разнообразных литолого-геохимических условиях. Большинство почв характеризуется фульватным типом гумуса, что характерно для почв этой природной зоны. Также следует отметить, что для почв предгорий Полярного Урала и Полярного Урала присущи более высокие значения соотношения Сгк/Сфк по сравнению с равнинными участками района исследования. Это может быть связано с большим участием кустарничковой растительности на склонах, а также влиянием литологического фактора (в условиях Полярного Урала почвообразующей породой на склонах является коллювий плотных магматических пород) на процессы гумификации органического вещества.

Таблица 1 – Содержание углерода гуминовых кислот и фульвокислот в почвах южного Ямала и восточного макросклона Полярного Урала

Глубина, см	Почвенный горизонт	С общ, %	Сгк	Сфк	Сгк:Сфк
<i>Глеезем торфянистый на многолетнемерзлых суглинках</i>					
0-3 см	О	28,4	1,51	2,42	0,62
<i>Глеезем криотурбированный торфянистый на многолетнемерзлых суглинках</i>					
0-5 см	О	2,54	0,61	2,12	0,29
<i>Глеезем торфянистый супесчаный с вложенным микропрофилем подзола на сортированных супесях</i>					
0-8 см	ОТ	22,62	1,20	4,40	0,27
<i>Торфяная эутрофная почва на многолетнемерзлой породе</i>					
0-4 см	ТЕ	33,94	4,23	11,10	0,38

<i>Окислено-глеевая (с признаками редоксиморфизма) супесчаная почва на многолетнемерзлых суглинках</i>					
0-5 см	Oh	7,83	0,80	1,90	0,42
<i>Подбур глеевый легкосуглинистый на делювии плотных магматических пород</i>					
0-10 см	O	9,29	0,50	0,70	0,71
<i>Грубозумусовая глееватая среднесуглинистая почва на многолетнемерзлых суглинках</i>					
0-15 см	OT	30,81	7,12	4,52	1,58
<i>Бурозем ожелезненный суглинистый на коллювии плотных магматических пород</i>					
0-1 см	O	23,62	1,00	3,40	0,29
<i>Глеезем суглинистый на многолетнемерзлых суглинках</i>					
0-2 см	O	29,03	1,73	2,53	0,68

Выводы

1. Величины отношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот (Сгк:Сфк) характеризуют направленность процесса гумификации, направленность процесса почвообразования и степень стабилизации органического углерода в условиях криолитозоны. В исследованных почвах степень гумификации и стабилизации органического вещества почв криолитозоны Ямала следует считать низкой.
2. Степень гумификации органических остатков в районе исследования зависит от видового состава растительных сообществ, а также литолого-геохимических условий. В связи с этим, большинство исследованных почв характеризуются фульватным типом гумуса. Наиболее широкие отношения Сгк:Сфк характерны для почв, развивающихся в условиях лесотундры, что связано с характером растительного опада, обогащенного лигнинсодержащими фрагментами..
3. Так как в изученных почвах Севера Западной Сибири преобладает углерод фульвокислот, дальнейшая минерализация гумуса в условиях глобальных изменений климата, вероятно, приведет к эмиссионным процессам в Арктическом биоме.

Исследование было поддержано грантом Президента РФ для молодых докторов наук № МД-3615.2015.4, грантом РФФИ 16-34-60010 и правительством Ямало-Ненецкого автономного округа.

Литература

1. Абакумов Е.В. Источники и состав гумуса некоторых почв Западной Антарктики. Почвоведение, 2010. № 5. с. 538-547.
2. Абакумов Е.В., Мухаметова Н.В. Гумусовые кислоты Антарктических почв. Труды БГУ 2014, том 9, часть 2. с. 10-15
3. Абакумов Е.В., Фаттахова Ю.М. Структурный состав гуминовых веществ орнитогенных почв Антарктики по данным ядерного магнитного резонанса (13-С) // Русский орнитологический журнал, 2015, Том 24, Экспресс-выпуск, 1165. с. 2463-2466
4. Генералов П.П. Некоторые особенности тектоники и геоморфологии // Природа Ямала. Екатеринбург: Наука, 1995. 435 с.
5. Горячкин С.В. Почвенный покров севера (структура, генезис, экология, эволюция). М.: ГЕОС. 2010. 414 с.
6. Докучаев В.В. К учению о зонах природы. Избр. соч. М.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1948. Т. 1.С. 317-329.
7. Дымов А.А., Жангуров Е.В. Морфолого-генетические особенности почв кряжа Енганэпэ (Полярный Урал) // Почвоведение, 2011. № 5. с. 515-524.
8. Дымов, А. А., Жангуров, Е. В., Старцев, В. В. Почвы северной части Приполярного Урала: морфология, физико-химические свойства, запасы углерода и азота // Почвоведение, 2013. № 8. с. 507-516.
9. Заварзина А.Г. Лишайники как ранние организмы-гумификаторы // Проблемы эволюции биосферы (отв. ред. С.В. Рожнов). Серия «Гео-биологические процессы в прошлом». М: ПИН РАН, 2013. с.143-152.
10. Загоскина Н.В., Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Заварзина А.Г., Заварзин А.А. О содержании фенольных соединений в различных видах лишайников Кольского полуострова // Химия растительного сырья, 2011. №4. С.. 245–249.
11. Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. 5 изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1986. 376 с.
12. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере // Соросовский образовательный журнал, 1997. №2. С.56—63.
13. Шишов Л.Л. с соавт. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004 г. 342 с.

14. Zubrzycki S., Kutzbach L., Pfeiffer E.-M. Permafrost-affected soils and their carbon pools with a focus on the Russian Arctic // *Solid Earth*, 5. 2014. p. 595–609

Spisok literatury

1. Abakumov E.V. Istochniki i sostav gumusa nekotoryx pochv Zapadnoj Antarktiki. *Pochvovedenie*, 2010. № 5. s. 538-547.
2. Abakumov E.V., Muxametova N.V. Gumusovye kisloty Antarkticheskix pochv. *Trudy BGU* 2014, tom 9, chast' 2. s. 10-15
3. Abakumov E.V., Fattaxova Yu.M. Strukturnyj sostav guminovyx veshhestv ornitogennyx pochv Antarktiki po dannym yadernogo magnitnogo rezonansa (13-S) *Russkij ornitologicheskij zhurnal* 2015, Tom 24, E'kspress-vypusk 1165. s. 2463-2466
4. Generalov P.P. Nekotorye osobennosti tektoniki i geomorfologii. *Priroda Yamala*. Ekaterinburg: Nauka, 1995. 435 s.
5. Goryachkin S.V. Pochvennyj pokrov severa (struktura, genezis, e'kologiya, e'voljuciya). M.: GEOS. 2010. - 414 s.
6. Dokuchaev V.V. K ucheniyu o zonax prirody. *Izbr. soch.* M.: Gos. izd-vo s.-x. lit., 1948. T. 1. S. 317-329.
7. Dymov A.A., Zhangurov E.V. Morfologo-geneticheskie osobennosti pochv kryazha Engane'pe' (Polyarnyj Ural) // *Pochvovedenie*, 2011. – № 5. – s. 515-524.
8. Dymov, A. A., Zhangurov, E. V., Starcev, V. V. Pochvy severnoj chasti Pripolyarnogo Urala: morfologiya, fiziko-ximicheskie svoystva, zapasy ugleroda i azota. *Pochvovedenie*, 2013, № 8. - s. 507-516.
9. Zavarzina A.G. Lishajniki kak rannie organizmy-gumifikatory. V sb. "Problemy e'voljucii biosfery" (otv. red. S.V. Rozhnov). Seriya «Geobiologicheskie processy v proshlom». M: PIN RAN, 2013, s.143-152.
10. Zagoskina N.V., Nikolaeva T.N., Lapshin P.V., Zavarzina A.G., Zavarzin A.A. O sodержanii fenol'nyx soedinenij v razlichnyx vidax lishajnikov Kol'skogo poluostrova. *Ximiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, №4, s. 245–249.
11. Mil'kov F.N., Gvozdeckij N.A. Fizicheskaya geografiya SSSR. Obshhij obzor. *Evropejskaya chast' SSSR. Kavkaz*. 5 izd., pererab. i dop. - M.: Vysshaya shkola, 1986. - 376 s.

12. Orlov D.S. Guminovye veshhestva v biosfere // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurn. 1997. №2. S.56—63.
13. Shishov L.L. s soavt. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii. Smolensk: Ojkumena, 2004 g. - 342 s.
14. Zubrzycki S., Kutzbach L., Pfeiffer E-M. Permafrost-affected soils and their carbon pools with a focus on the Russian Arctic. Solid Earth, 5. 2014. p. 595–609