



УТВЕРЖДАЮ
Директор ЛАБСИ-КНЦ РАН

В.К.Жиров
29 » февраля 2015 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки Полярно-альпийский ботанический сад-институт имени Н.А. Аврорина Кольского научного центра Российской академии наук на диссертацию МАСЛОВА Михаила Николаевича «Углерод, азот и фосфор в тундровых экосистемах северной Фенноскандии», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.13 – почвоведение

Актуальность исследований. Удаленность, недостаток тепла и небольшая продуктивность тундровых экосистем ограничивала возможности их хозяйственного использования, и, следовательно, эти экосистемы оставались наименее изученными на планете. Большой интерес к арктическим территориям возник в связи с появлением гипотезы глобального потепления климата из-за увеличения уровня CO_2 в атмосферном воздухе. Огромные запасы углерода в тундровых экосистемах и возможные катастрофические последствия от его высвобождения при предполагаемом потеплении климата обусловили всплеск интереса ученых к тундровым экосистемам в последние несколько десятилетий. Вместе с тем, изучение тундровых экосистем само по себе представляет огромную теоретическую ценность для понимания механизма адаптации отдельных растений и целых сообществ к функционированию в экстремальных природных условиях. Еще более важным, на наш взгляд, является изучение особенностей процессов почвообразования в высоких широтах и поясах. Это важно не только для управления продукционными процессами во все более и более осваиваемой Арктике, но и для прогнозирования всех существующих сценариев изменения климата, включая не только потепление, но и похолодание.

Научная новизна. В представленной работе определены запасы и структура надземной биомассы и мортмассы в 5-ти горно-тундровых и 3-ех зональных тундровых сообществах на севере Швеции. Впервые для этого региона по единой схеме оценены запасы, структура и профильное распределение подземной биомассы в 8 наиболее характерных тундровых экосистемах, различающихся по флористическому составу и положению в ландшафте. Получены дополнительные сведения о запасах углерода и его структуре в тундровых экосистемах. Впервые для региона оценены запасы азота и фосфора в экосистемах. Впервые для северной Фенноскандии определены уровни концентраций углерода, азота и фосфора во всех основных видах и группах тундровых растений. Оценены показатели активности процессов минерализации органического вещества и органических соединений азота в лабораторных и природных условиях. Выявлены факторы, ограничивающие активность почвенных микроорганизмов. Сделан

предварительный прогноз влияния потепления климата на интенсивность трансформации органического вещества в тундровых экосистемах.

Практическая значимость работы. Полученные результаты могут быть использованы для создания сценариев последствий изменения климата для тундровых экосистем. Обследованные площадки могут быть использованы для проведения комплексного мониторинга арктических экосистем, а полученные данные - в качестве базовой характеристики стационарных площадок. Результаты работы могут быть применены для выработки рекомендаций по оптимизации минерального питания растений при хозяйственном использовании тундровых сообществ, прежде всего, повышения их продуктивности для обеспечения кормовой базы оленей, а также восстановления при нарушениях, связанных с перевыпасом оленей и рекреационной нагрузкой. Материалы работы дополняют характеристику экосистем национального парка «Абиско» и могут быть использованы в целях экологического образования и просвещения.

Структура рукописи диссертации. Диссертация изложена на 233 страницах. Она состоит из введения, 3-ех глав, включая обзор литературы по предмету исследований, описание объектов и методов и обсуждение основных результатов исследований, а также заключения, выводов и списка литературы. В приложении отдельно представлены: 1) характеристика флористического состава обследованных тундровых сообществ, 2) графические результаты инкубационного эксперимента по минерализации и мобилизации органического вещества при дополнительном внесении доступных форм элементов питания.

В главе 1 подробно анализируется опыт предшествующих натурных исследований флористического состава, запасов фитомассы и углерода, а также их структуры в тундровых экосистемах. В обзоре также подробно обсужден большой круг практических и теоретических вопросов относительно форм нахождения и процессов трансформации наиболее важных биогенных элементов - углерода, азота и фосфора в тундровых экосистемах. Обзор занимает 1/3 текста диссертации. Он основан на достаточно большом количестве литературных источников. Отличительной особенностью литературного обзора, как и всей работы в целом, является многоплановость и широта охвата обсуждаемых в диссертации проблем. Так, по запасам биомассы и углерода в фитомассе собраны данные для тундровых экосистем всего мира. Вместе с предварительным анализом и выявлением автором некоторых географических закономерностей в распределении этих параметров эта часть диссертации является хорошим заделом для написания отдельных теоретических статей или монографии по этим темам.

Глава 2. Постановка таких сложных задач, как изучение запасов и структуры фитомассы, оценка содержания и запасов различных форм углерода, азота и фосфора в большом спектре горных и зональных тундровых экосистемах, а также изучение процессов трансформации соединений этих элементов в модельных полевых и лабораторных экспериментах потребовала применения большого спектра методических приемов. Объема данных более чем достаточно для детального обсуждения всех аспектов затронутых в диссертации проблем и проведения статической обработки полученных результатов.

Наиболее важные научные результаты изложены в экспериментальной главе 3 с разделением на разделы, посвященные отдельным аспектам проведенных комплексных исследований.

В разделе 3.1 представлены результаты определения запасов и структуры фитомассы в 8-ми тундровых экосистемах. Показано, что различия между обследованными экосистемами по общей фитомассе достигают 5 раз. Различия запасов общей надземной фитомассы, в значительной степени, обусловлены долей участия в ней многолетних органов растений, в особенности одревесневших стеблей кустарничков. Варьирование доли различных ботанических групп (лишайников, мхов, травянистых растений, вечнозеленых и листопадных кустарничков) в структуре надземной фитомассы автором связывается с разной влагообеспеченностью: в сухих местообитаниях преобладают кустарнички и лишайники, во влажных – травы и мхи. Запасы фитомассы, сосредоточенной в почве составляет от 46 до 75% от общей фитомассы. Различия по запасам подземной фитомассы между обследованными тундровыми экосистемами также довольно значительны. При этом запас подземной фитомассы зависит не только от флористического состава фитоценоза, но и от мощности почвенного профиля. В структуре подземной фитомассы преобладают многолетние органы - корневища (от 50 до 90%). Анализ распределения подземной биомассы по почвенным горизонтам показал, что основная масса корневищ сосредоточена в верхнем органогенном горизонте, основная масса корней – в верхнем минеральном горизонте. Соотношение надземной и подземной фитомассы также определяется флористическим составом и варьирует от 1.2 (преобладают многолетние кустарнички) до 0.3 (преобладают травянистые растения). Сравнивая полученные результаты с литературными данными, автор отмечает, что по запасам общей фитомассы обследованные тундровые экосистемы соответствуют ранее изученным аналогичным сообществам Фенноскандии (Швеции, Норвегии и Хибинских гор) и значительно отличаются от показателей Аляски и Российской Арктики.

Соотношение надземной биомассы и мортмассы автор использует для характеристики интенсивности разложения растительных остатков в обследованных экосистемах. При этом автором анализируется влияние на этот показатель ботанического состава опада и наличия нем трудно разлагаемых соединений, гидротермальных условий и продолжительности бесснежного периода.

Раздел 3.2 посвящен результатам определения содержания и запасов углерода, азота и фосфора в обследованных тундровых экосистемах. Это наиболее информативный и объемный раздел в диссертации. Здесь автором приводятся и обсуждаются содержания этих элементов в каждом отдельно виде или группе растений, а также средневзвешенные значения общего содержания углерода, азота и фосфора в наземной фитомассе всех 8-ми тундровых экосистем. Результаты показали, что наиболее высокие содержания углерода характерны для кустарничков, наиболее высокие концентрации азота и фосфора свойственны травянистым растениям. Для кустарничков дополнительно приведены данные по содержанию углерода, азота и фосфора в годичном приросте. Распределение содержания углерода, азота и фосфора между компонентами подземной биомассы выявили их наиболее высокие содержания в тонких корнях. Содержание углерода, азота и фосфора в тонких корнях возрастает от кустарничковых к травяным сообществам. Анализ химического состава тонких корней некоторых видов

растений в двух экосистемах выявил значительные межвидовые различия по содержанию в них С, N и Р.

Наиболее высокие концентрации углерода, азота и фосфора в почве приурочены к верхним органогенным горизонтам. Анализ распределения между экосистемами показал, что наиболее высокие концентрации углерода свойственны органогенным горизонтам почвам кустарничковых и болотных экосистем. В почвах травяных экосистем с перегнойным характером гумуса содержание углерода намного ниже. Для азота характерны незначительные различия между обследованными тундровыми экосистемами. Значительные различия по содержанию фосфора в почве между обследованными экосистемами объясняется автором, в основном, различиями его концентраций в породе, наличием рыхлых отложений и миграцией его органических соединений в ландшафте.

Наименее изученными, и потому, наиболее ценными являются данные по формам нахождения углерода, азота и фосфора, включая микробную биомассу. Полученные результаты подтверждают, что тундровые почвы характеризуются низкими содержаниями минеральных форм азота и фосфора. Подвижные формы этих элементов, в основном, представлены органическими соединениями. В составе микробной биомассы аккумулируется не более 1-2% углерода, от 2 до 7% азота и до 35% фосфора.

Анализ структуры запасов элементов в тундровых экосистемах показал, что их основные запасы сосредоточены в почвах. Вторым по значимости пулом углерода, азота и фосфора является фитомасса.

В разделе 3.3 по результатам серии лабораторных и полевых экспериментов автором анализируются процессы трансформации органического вещества в почвах тундровых экосистем. Показано, что потенциальная скорость минерализации органического вещества в поверхностных горизонтах почв обследованных тундровых экосистем варьирует в довольно широком диапазоне. Показано, что активность микроорганизмов определяется общим содержанием углерода и его лабильных форм в почвах. Наличие доступных форм азота и фосфора не оказывает влияния на этот показатель. Изучение процессов минерализации соединений азота в различных сочетаниях условий предоставляет богатый материал для понимания факторов, регулирующих процессы трансформации органического вещества в тундровых экосистемах. В частности роль состава гумуса, присутствие различных экологических групп микроорганизмов, температуры почвы и конкуренции между растениями и микроорганизмами.

В разделе 3.4 представлены результаты короткого инкубационного эксперимента по изучению минерализации органического вещества при внесении различных сочетаний доступных форм элементов. Результаты этого эксперимента также позволяют выявить факторы лимитирующие деятельность микроорганизмов в тундровых экосистемах. Показано, что ни азот, ни фосфор не лимитируют активность почвенных микроорганизмов тундровых экосистем. Наиболее интенсивное увеличение дыхания было отмечено при внесении углерода и, особенно, в его сочетании с азотом и фосфором.

Заключение предваряет выводы и воспринимается при прочтении как предварительные размышления автора о полученных результатах под несколько другим углом зрения: анализируется роль климатических, орографических и определяемых ими условий увлажнения, а также состава микробоценозов на

особенности обследованных тундровых экосистем по определенным в работе параметрам. Использованный набор экспериментов также позволил автору сделать предварительный прогноз влияния потепления климата на интенсивность трансформации органического вещества в тундровых экосистемах.

Замечания по работе:

1. В главе 2 недостаточно полно описаны объекты исследований: не указаны абсолютные отметки, наличие вертикальной поясности, наличие повреждений от перевыпаса оленей (есть упоминание в разделе «Практическая значимость»). Если есть повреждения обследованных экосистем оленями, то приведенные цифры запасов фитомассы не представляют их природную характеристику. Это антропогенно измененные экосистемы.

2. В главе 2 не указан принцип выбора пробных площадок в пределах биогеоценоза. Оно случайное или предварительно спланированное, в последнем случае - какой принцип использовался для планирования их места расположения?

3. В главе 2 нет временной привязки к срокам опробования. Проходил ли отбор всех проб одновременно на всех площадках? Или разные среды были опробованы в разные время/годы? Запасы фитомассы очень зависят от погодных условий года. И анализ изменений показателей в зависимости от погодных условий года представляет большой самостоятельный интерес, в том числе для прогноза влияния климатических изменений.

4. В главе 2 не приводятся методика отбора проб почв для химического анализа и методы химического анализа почв, представленные в таблице 5 «Химическая характеристика исследованных почв». Поэтому не понятны величины концентраций обменных Са и Mg в обследованных почвах. По данным наших исследований сумма концентраций обменных Са и Mg в верхних органогенных горизонтах почв на Кольском полуострове варьирует от 3 до 40 мг-экв/100 г почвы. В представленной диссертации эти величины варьируют от 0.3 до 1.5 мг-экв/100 г почвы.

5. Вызывает сомнения правильность обозначения индексов некоторых горизонтов. Например, в разрезах, заложенных в ивово-мелкотравных и душистоколоосково-разнотравном (ИМР, ИМП и ДКР) экосистемах, нижняя минеральная часть профиля обозначена как горизонт Chi, хотя наличие большого количества корней (указано при морфологическом описании в главе 2 и в таблице 7, представляющей запасы подземной биомассы), относительно высокое содержание органического вещества в них и предположение автора об образовании лабильных форм углерода в этом горизонте *in situ* за счет корневого опада и прижизненных корневых выделений (стр. 112 диссертации и стр. 14 автореферата) указывает на то, что этот слой активно изменен процессами почвообразования.

6. Ни в диссертации, ни в автореферате нет информации о том, в рамках каких проектов получен данный материал и о личном вкладе диссертанта в столь большую работу.

Оценка структуры работы и ее формальных показателей. Структура работы традиционная для диссертации. Изложение результатов собственных исследований логичное и последовательное. Литературные данные (фундаментальные и современные) широко используются при обсуждении

собственных экспериментальных данных в диссертации. Публикации отражают

основные результаты исследований. Автореферат соответствует тексту диссертации.

Общее заключение. Результаты диссертационной работы «Углерод, азот и фосфор в тундровых экосистемах северной Фенноскандии» представляют большую ценность для решения большого спектра методических, теоретических и прикладных задач в области почвоведения и экологии. Комплексность, объем экспериментального материала и обоснованность выводов, дают основание заключить, что работа Маслова Михаила Николаевича полностью соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ему искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.13 – почвоведение.

Главный научный сотрудник
ФГБУ Полярно-альпийский
ботанический сад-институт им. Н.А.Аврорина
Кольского научного центра РАН,
доктор биологических наук

Г.М.Кашулина

E-mail: galina.kashulina@gmail.com

Адрес: 184209, ул. Ферсмана 18а,

г.Апатиты, Мурманской обл.

Тел: +7 9512964075

Отзыв ведущей организации заслушан на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Полярно-альпийский ботанический сад-институт имени Н.А. Аврорина Кольского научного центра Российской академии наук. Протокол № 1 от 19 февраля 2015 г.

Ученый секретарь ФГБУ Полярно-альпийский
ботанический сад-институт им. Н.А.Аврорина
Кольского научного центра РАН,
к.б.н.

С.А. Салтыкова

E-mail: sveta_sherbakova@mail.ru

Адрес: 184209, ул. Ферсмана 18а,

г.Апатиты, Мурманской обл.

Тел +7(81555) 79130, +7(902)1364889

