

УДК 574.4(571+571.65)

DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.3.255

**КОНСЕРВАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА  
И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ЭКОСИСТЕМАХ ЗОНАЛЬНЫХ ТУНДР  
КРАЙНЕГО СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ**

*А.А. Пугачев\*, Е.А. Тихменев \*/\*\**

\*Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения РАН  
(г. Магадан)

\*\*Северо-Восточный государственный университет  
(г. Магадан)

Изучены особенности консервации органического вещества и функционирования почвенно-растительных комплексов в типичных тундровых фитоценозах Крайнего Северо-Востока Азии. Значительная заторможенность биологического круговорота веществ в условиях низких температур и слабой микробиологической активности почв тундровой зоны приводит к консервации химических элементов в отмерших частях растений. Ежегодный опад растений в равнинных тундрах составляет 0,78–1,87 т/га. В его составе доминируют фотосинтезирующие органы (49–65 % от массы опада) и корни (31–47 %), роль одревесневающих органов незначительна. Содержание зольных веществ и азота в опаде прошлых лет может в 49–60 раз превышать количество химических элементов, ежегодно поступающих с растительными остатками, что определяет специфику почвообразовательного процесса. В составе отмершей растительной массы тундровых сообществ оказываются законсервированными на неопределенное время 1,02–2,94 т/га химических элементов, при этом значительная их часть представлена азотом (0,33–0,95 т/га). Процессы разложения мертвых растительных остатков в исследованных тундровых сообществах сопровождаются интенсивным накоплением кремния, алюминия и железа, существенно меньшим – кальция и магния, а также потерями мобильных элементов – калия и фосфора. Обмен веществ между почвами и растительностью осуществляется, очевидно, по следующей схеме. Корневые системы растений извлекают из почвы мобилизованные биофильные элементы, накапливая их в синтезированном органическом веществе, основная масса которого сосредоточена в надземных органах растений и торфянистых подстилках. После отмирания, разложения и минерализации подавляющая часть зольных элементов и азота растительного опада остается в верхней части профиля. Основная их масса вовлекается в биологический круговорот, некоторое количество мигрирует в минеральную часть профиля или выносится за пределы ландшафта с поверхностными водами. Полученные данные позволяют рассматривать тундровые ландшафты в качестве естественных аккумуляторов преобразованной солнечной энергии и элементов-органогенов в общепланетарном масштабе.

**Ключевые слова:** *тундровый ландшафт, почвенно-биологические процессы, запасы фитомассы, растительный опад, консервация органического вещества.*

---

**Контактное лицо:** Тихменев Евгений Александрович, *адрес:* 685000, г. Магадан, ул. Портовая, д. 18; *e-mail:* etikhmenev@bk.ru

**Для цитирования:** Пугачев А.А., Тихменев Е.А. Консервация растительного органического вещества и почвообразование в экосистемах зональных тундр Крайнего Северо-Востока Азии // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17, № 3. С. 255–264. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.3.255

Крайний Северо-Восток Азии характеризуется преимущественно горным рельефом, наличием многолетней мерзлоты и значительным дефицитом тепла, что предопределяет жесткость природной обстановки территории [1, 2]. В результате выполненных ресурсных исследований накоплен достаточно большой объем информации о запасах растительной массы в сообществах тундровой зоны Российской Арктики. Такие данные имеются в работах В.В. Вихиревой-Васильковой с соавторами – для кустарничковых тундр Корякии [3], И.В. Игнатенко и Ф.И. Хакимзяновой – для ерничково-дриадовой и ивнячковой тундр восточноевропейского Севера [4], Е.Б. Павловой – для тундр Западного Таймыра [5]. Сведения о динамике органического вещества и биологическом круговороте зольных элементов и азота содержатся в обзорной публикации Л.Е. Родина и Н.И. Базилевич [6]. Многие авторы отмечают в тундровых и лесотундровых сообществах значительное преобладание подземной биомассы над надземной, а также замедленные темпы деструкции опада и накопление запасов мертвого органического вещества [7, 8]. В процессе изучения типичных почвенно-растительных комплексов Чукотского полуострова получен значительный материал по функционированию биогеоценозов Чаунской и Анадырской тундр [9, 10] и острова Врангеля [11]. Цель нашего исследования – изучение особенностей консервации органического вещества и функционирования почвенно-растительных комплексов тундровой зоны в условиях повсеместного распространения многолетней мерзлоты.

**Материалы и методы.** Тундровая зона Северо-Восточной Азии включает Арктическую и Бореальную флористические области [12–14]. Подзона типичных и южных тундр охватывает на более чем 2/3 материковой части Чукотки, арктические тундры занимают узкую полосу вдоль северного побережья [15].

Районы исследований (Чаунская низменность и низовья р. Анадырь) характеризуются

суровым климатом арктической пустыни и арктической тундры [16], с особой жесткостью погоды.

Наиболее подробно охарактеризовано два типа формаций равнинной тундры: 1) кочкарная осоково-моховая, 2) крупнокустарничковая (ольхово-кедровниковая) осоково-мохово-кустарничковая. Первый тип широко распространен в подзоне типичной (мохово-лишайниковой) тундры, второй – в подзоне крупнокустарничковой.

*Кочкарная осоково-моховая тундра* широко развита в Чаунской низменности. Координаты района исследований (п. Полярный): N 69°9'44", E 178°42'43". Фрагментарность растительного покрова наиболее характерна для резко выступающих в рельефе участков с усиленной денудацией субстрата. Днища долин, шлейфы подножий гор, пологие части склонов заняты лишайниково-моховым покровом, которому свойственны бедность флористического состава и активное проявление микрокомплексности. Пятна голого грунта обычно лишены растительности. На бровках пятен доминируют *Eriophorum vaginatum* и *Carex lugens*; присутствуют гипоарктические виды кустарничков – *Betula exilis*, *Salix glauca*, *Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, реже встречаются *Arctagrostis latifolia*, *Poligonum tripterocarpum* и *P. bistorta*, обильны зеленые мхи. Среди лишайников доминируют *Cetraria cucullata*, *C. crispa*, *C. islandica* и *Cladonia rangiferina*; отмечается присутствие *Dactilina arctica* и *Peltigera aptosa*. Осоково-пушицевые кочки на исследуемом участке занимают 3 % площади фитоценоза, бровки и зарастающие части пятен – 26 %, пятна – 9 % и понижения-трещины – 62 %. Почвенный покров представлен микрокомплексом глеевых, торфянисто-глеевых, трещинно-торфянистых и остаточного-глеевых почв.

*Крупнокустарничковая (ольхово-кедровниковая) осоково-мохово-кустарничковая тундра* изучалась в низовьях р. Анадырь (п. Красни-

но), координаты: N 64°37'46", E 174°46'40". Ландшафты представлены водораздельными равнинами с пологими склонами и высокими речными террасами. Им свойствен хорошо выраженный микрорельеф в виде бугорков, межбугорковых понижений и основных поверхностей. Встречаются отдельные кочки *Eriophorum vaginatum* и *Carex lugens*. Разобщенные куртины *Pinus pumila* расположены на расстоянии 3–5 м друг от друга, *Alnus fruticosa* – 2–4 м. На кедровостланиковых синузии приходится 9 % поверхности участка, заросшие пятна занимают 2 %, осоково-пушицевые кочки – 7 %, на межкочечное пространство приходится 75 % площади. Кустарниково-кустарничковый ярус образуют *Betula exilis*, *Ledum decumbens*, *Arctous alpina* и *Empetrum sibiricum*. Среди лишайников доминируют *Cladonia rangiferina*, *C. alpestris*, *C. amaurocraea*; среди мхов – *Drepanocladus uncinatus*, *Tomenthypnum nitens*, *Aulacomnium turgidum* и различные виды *Sphagnum*. Почвенный покров образован микрокомплексом тундровых глеевых торфянисто-перегнойных, торфянистых и элювиально-глеевых торфянистых почв.

Для каждого типа тундр закладывали по одной пробной площади размером 100 м<sup>2</sup>. Учеты проводили на площадках 0,25 м<sup>2</sup> в 10-кратной повторности, при этом не менее чем в 3-кратной – для каждого элемента нанорельефа. Выполняли детальную разборку укусов биомассы и их взвешивание, при этом за границу раздела фитомассы на надземную и подземную принимали линию перехода «живых» частей мхов в бурые (отмершие). Полученные данные переводили из граммов на квадратный метр в тонны на гектар. Исследования основывали на методических указаниях Н.И. Базилевич и соавторов [17].

Физико-химические свойства почв определяли традиционно: рН – потенциметрически, Н и А1 – по А.В. Соколову, обменные Са<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> – комплексометрически, гидролитическую кислотность – по методу Г. Каппена, К<sub>2</sub>О (пламенно-фотометрически) и Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> (фотокolorиметрически) – по А.Т. Кирсанову, общий

углерод – по методу А.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова, азот – по И.Г. Къельдалю, гранулометрический состав мелкозема – по А.А. Качинскому, групповой состав гумуса – по М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой, валовой состав почв – методом количественного спектрального анализа [10]. Видовые названия сосудистых растений приведены по работе Б.А. Юрцева с соавторами [18].

**Результаты и обсуждение.** Низкий тепловой баланс и слабая микробиологическая активность почв определяют активное накопление растительного опада в природных сообществах тундровой зоны. Замедленность процесса разложения мертвых органических остатков способствует консервации заключенных в них химических элементов на длительный период. Несоответствие между темпами поступления опада на поверхность почвы и скоростью его разложения приводит к формированию хорошо выраженных подстилок и торфянистых горизонтов в почвенном покрове [8, 10].

Результаты исследований по определению запасов биомассы в типичных тундровых фитоценозах Крайнего Северо-Востока Азии приведены в *таблице* (см. с. 258). В первом типе равнинной тундры (Чаунская низменность) максимальные запасы фитомассы характерны для осоково-пушицевых кочек, минимальные – для пятен. Надземная фитомасса, формируемая преимущественно за счет осоковых и кустарничков, достигает 6,98 т/га сухого вещества, в то время как на подземную приходится 47,08 т/га сухого растительного вещества, т. е. доля подземной фитомассы более чем в 6,7 раза превышает надземную.

В крупнокустарниковой (ольхово-кедровниковой) осоково-мохово-кустарничковой тундре соотношение надземной и подземной фитомассы составляет близкую кочкарным тундрам Чаунской низменности величину – подземная в 5,8 раза превышает надземную.

В соответствии с классификацией Л.Е. Родина и Н.И. Базилевич [6] равнинные тундры

**СТРУКТУРА БИОМАССЫ ТУНДРОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ,  
т/га сухого вещества**

Вид биомассы	Тундра	
	кочкарная осоково-моховая	крупнокустарниковая осоково-мохово-кустарничковая
Надземная биомасса	6,98	26,17
Фитомасса, в т. ч.:	3,74	24,57
кедрового стланика	–	20,60
ольхи	–	0,45
кустарников и кустарничков	1,47	1,81
трав	2,00	0,17
мхов, лишайников	0,27	1,54
Отмершие части растений, в т. ч.:	3,24	1,60
кедрового стланика	–	0,35
ольхи	–	0,21
кустарников и кустарничков	2,16	0,79
трав	1,08	0,25
Подземная биомасса, в т. ч.:	47,08	153,41
узлов кущения	2,13	0,82
мхов, лишайников	3,64	1,80
корней	25,42	91,10
детрита	15,89	59,69
Общая биомасса	54,06	179,58

*Примечание.* знак «–» означает отсутствие данного элемента в составе биомассы.

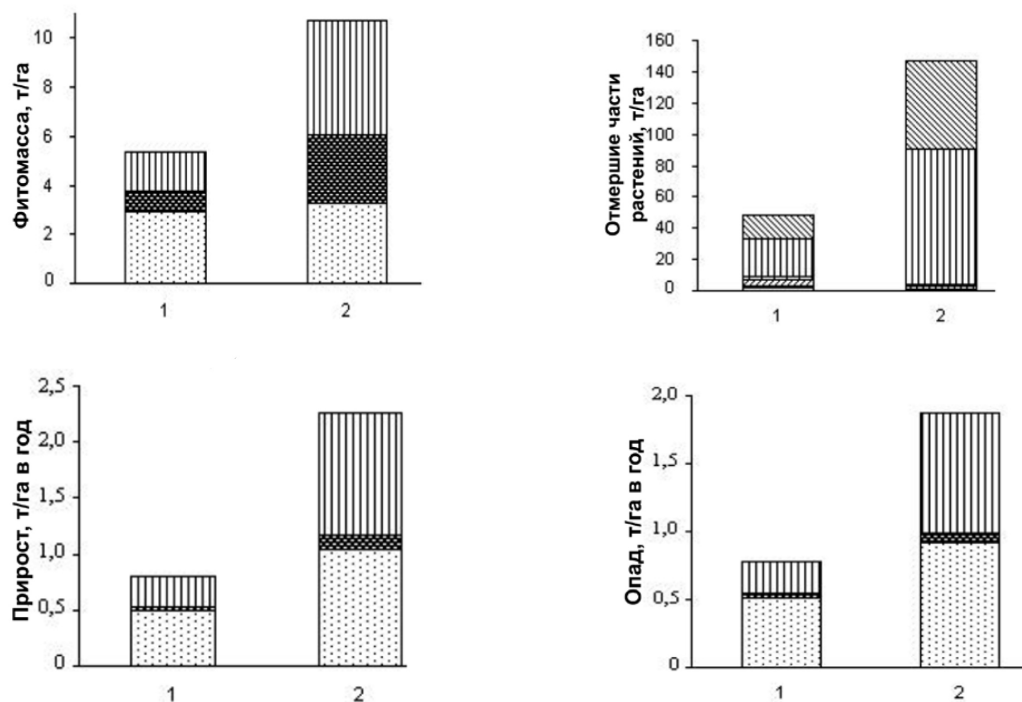
Северо-Востока Азии по величине годового прироста фитомассы (0,89–2,25 т/га) следует отнести к очень малопродуктивным сообществам.

На *рисунке* показаны изменения растительной массы и опада в изученных типах тундровых сообществ. В составе прироста кочкарной осоково-моховой тундры доминируют фотосинтезирующие органы (62 % от массы прироста) и корни (33 %); на долю одревесневающих частей растений приходится 5 %. В крупнокустарниковой осоково-мохово-кустарничковой тундре активное развитие кустарников обуславливает уменьшение доли фотосинтезирующих органов и увеличение доли корней в массе общего прироста.

Ежегодный опад растений в кочкарной тундре характеризуется низкими значениями –

0,78–1,87 т/га. В его составе преобладают фотосинтезирующие органы (49–65 % от массы опада) и корни (31–47 %), роль одревесневающих органов незначительна.

Отмершие части растений характеризуются низкими темпами разложения. Ежегодная потеря массы (в процентах от первоначальной) составляет у опада мхов и кассиопеи – 9 %, пушицы – 14 %, дриады – 16 %, разнотравья – 19 %, березы и горца – 20 %, ивы – 35 %. Несответствие между темпами поступления опада на поверхность почвы и скоростью его разложения определяет процесс формирования подстилок и торфянистых горизонтов. Отношение подстилки к опад фотосинтезирующих органов цветковых в кочкарной тундре равно 10, а в крупнокустарниковой – 2. В почвенном покрове тундровых ландшафтов темпы разложения



**Условные обозначения:**

- корни;
  – фотосинтезирующие органы;
  – многолетние органы;
- мхи и лишайники;
  – измельченный опад корней

Показатели изменения растительной массы и опада в ландшафтах зональных тундр Крайнего Северо-Востока Азии, т/га сухой массы: 1 – кочкарная осоково-моховая тундра; 2 – крупнокустарниковая (ольхово-кедровниковая) осоково-мохово-кустарничковая тундра

опада еще ниже, что обуславливает выпадение значительного количества зольных элементов и азота из биологического круговорота на неопределенно долгое время. В соответствии с классификацией Л.Е. Родина и Н.И. Базилевич [6] биологический круговорот в рассматриваемых типах тундр может быть охарактеризован как сильнозаторможенный и заторможенный.

В составе отмершей растительной массы тундровых сообществ законсервировано на неопределенное время 1,02–2,94 т/га химических элементов, при этом значительная их часть представлена азотом – от 0,33 до 0,95 т/га.

В зольном составе резко доминирует кремний, отмечено довольно высокое содержание

кальция, железа, алюминия, отчасти магния. Процессы разложения мертвых растительных остатков сопровождаются относительным накоплением кремния, алюминия и железа, значительно меньшим – кальция и магния и потерями мобильных элементов – калия и фосфора [7, 8]. При этом количество зольных веществ и азота в опаде прошлых лет в 49–60 раз превышает объемы химических элементов, поступающих ежегодно с отмершей растительной массой [10].

Краткость теплого периода, низкие суммы положительных температур, близкое к поверхности залегание льдистой многолетней мерзлоты, медленное оттаивание, переувлажнение

и оглеение всего деятельного слоя почвы, плотная упаковка минеральных частиц и преобладание в их составе глинистых минералов обуславливают низкую энергетику почвообразования в ландшафтах зональных тундр Северо-Востока Азии. Следствием этого является замедленное развитие процессов выветривания почвенных минералов и разложения растительных остатков, накопление последних как на поверхности почвы, так и в нижележащей части профиля.

Господствующие биогенные элементы кустарничков зональных тундр Северо-Востока Азии – азот, калий и кальций. Остальные элементы накапливаются в меньших количествах, более других – магний и фосфор, иногда кремний и сера. Кроме того, в тканях стеблей голубики отмечено накопление марганца [10].

Избыточная увлажненность и почти полное отсутствие крупных пор в минеральной толще тундровых глеевых почв способствуют активному развитию процессов криогенного влаго- и массообмена в периоды промерзания и оттаивания. Эти процессы вызывают перемешивание деятельного слоя почв: быстрое при солифлюкционных перемещениях и оплывании краев морозобойных трещин, медленное – при пятнообразовании, пучении и обогащении его органическим веществом. По-видимому, длительное разложение корневых опавов и погребение растительной дернины в трещинах при солифлюкционном перемешивании почвенной толщи – основные процессы, определяющие глубокую гумусированность тундровых глеевых почв.

Свойственная почвам Крайнего Северо-Востока Азии низкая водопроницаемость глеево-тиксотропных горизонтов, преобладание восходящих миграций почвенных растворов и активного криогенного массообмена препятствуют элювиально-иллювиальной дифференциации рассматриваемых почв, способствуют их гомогенизации. Основная часть элементов, мобилизованных при выветривании почвенных минералов и разложении растительных остатков, вновь вовлекается в биологический круговорот. Однако последний характеризует-

ся малой емкостью и интенсивностью, в связи с чем его влияние на минеральную часть почвенного профиля очень ограничено. Отмеченные элементарные почвенные процессы являются специфичными не только для тундровых глеевых почв, они характерны и для других суглинисто-глинистых почв холодных гумидных областей Земли.

В крупнокустарниковой (ольхово-кедровниковой) осоково-мохово-кустарничковой тундре низовьев р. Анадырь наряду с тундровыми глеевыми широко представлены тундровые элювиально-глеевые почвы. Их профиль имеет сложную полигенетическую историю, обусловленную изменением климата. В период среднеголоценового оптимума почвы современной крупнокустарниковой тундры развивались по подзолисто-меловому типу под темнохвойной тайгой. В это же время в них сформировались значительная элювиальная толща и хорошо выраженные подзолистые горизонты. Последующее похолодание вызвало вытеснение древесной растительности тундровой, активное развитие процессов дефляции и криогенного массообмена: морозобойное растрескивание почвогрунтов, пятнообразование, солифлюкция и другие криогенные процессы, интенсивно протекающие в настоящее время. Очевидно, что в этот период в подзолистых почвах произошла деградация верхних минеральных горизонтов. В песчано-супесчаных они формировались вследствие эолового переноса, а в суглинисто-глинистых – в результате интенсивного криогенного массообмена. Реликтами этого периода являются заплывшие морозобойные трещины в средней и нижней частях почвенного профиля, содержащие плохо разложившиеся растительные остатки.

Отмечаемое потепление и увеличение гумидности климата обусловило деградацию или опускание уровня многолетней мерзлоты, разрастание редколесий и кустарников, увеличение емкости и активности биологического круговорота, сопровождающегося процессами оглеения. При этом происходит формирование в верхней части профиля «висячих» гле-

евых и глееватых горизонтов. Формирование их обусловлено влагоемкостью подстилок и водопроницаемостью поверхностных глеево-тиксотропных горизонтов, препятствующих нисходящей миграции атмосферных осадков. При отсутствии поверхностного стока или при подтоке поверхностных вод в почвах формируются оглеенный профиль и развитые торфянистые горизонты.

Современные биоклиматические условия подзоны крупнокустарниковых тундр характеризуются коротким теплым периодом и низкими суммами положительных температур, вследствие чего энергетика элювиально-глеевого почвообразования в рассматриваемых почвах имеет низкую интенсивность и малую глубину проникновения в почвенную толщу. Важно также отметить, что современный элювиально-глеевый процесс действует не на «свежую» почву, а на уже длительно развивающееся образование с хорошо выраженным, дифференцированным профилем. Основная часть «работы» по формированию профиля элювиально-глеевых почв была выполнена в периоды среднеголоценового климатического оптимума и последовавшего позднеголоценового похолодания.

В современных природно-климатических условиях элювиально-глеевое почвообразование способствует усилению кислотного гидролиза первичных и вторичных силикатов под действием более кислого и агрессивного гумуса, активизирует мобилизацию и вынос алюминия и, особенно, железа. Исследования показывают, что характерной особенностью поверхностного оглеения является «расшатывание» минеральной основы почвенных горизонтов, вследствие чего оксиды  $R_2O_3$  из устойчивых форм трансформируются в растворимые. Последние лишь частично выносятся за пределы горизонтов, основная же их масса образует органоминеральные соединения с гумусовыми веществами и осаждаются на месте образования. Миграция мобилизованных соединений ограничивается также низкой водопроницаемостью горизонтов, обусловленной слитным

сложением и тиксотропностью почвы. С другой стороны, наличие глеево-тиксотропных горизонтов и промерзание почв в осенне-зимний период определяют специфику биологического круговорота. Обмен веществ между рассматриваемыми почвами и растительностью осуществляется, очевидно, по следующей схеме. Корневые системы растений поглощают из почвы мобилизованные биофильные элементы, накапливая их в органическом веществе, основная масса которого сосредоточена в надземных органах растений и торфянистых подстилках. После отмирания, разложения и минерализации подавляющая часть зольных элементов и азота растительных опадов остается в верхней части профиля. Большая их часть в дальнейшем вовлекается в биологический круговорот, некоторое количество мигрирует в минеральную часть почвенного профиля или выносятся за пределы ландшафта с поверхностными водами.

**Заключение.** В условиях высоких широт с низкой теплообеспеченностью и слабой микробиологической активностью отмирающие части растений, поступая в почву, далеко не сразу подвергаются разложению. Они задерживаются на поверхности почвы или на стеблях растений на неопределенно долгое время в малоизмененном виде. Несоответствие между темпами поступления растительного опада на поверхность почвы и скоростью его разложения обуславливает формирование подстилок и торфянистых горизонтов. Содержание зольных веществ и азота в накапливаемом опаде прошлых лет значительно превышает количество химических элементов, поступающих с ежегодным опадом. В составе отмершей растительной массы тундровых ландшафтов оказываются законсервированными от 1,02 до 2,94 т/га химических элементов.

Полученные данные позволяют рассматривать растительные сообщества тундровой зоны в качестве естественных аккумуляторов преобразованной солнечной энергии и элементов-органогенов в общепланетарном масштабе.

### Список литературы

1. Шило Н.А. Рельеф и геологическое строение // Север Дальнего Востока. М., 1970. С. 21–83.
2. Томирдиаро С.В. Природные процессы и освоение территорий зоны вечной мерзлоты. М., 1978. 145 с.
3. Вихирева-Василькова В.В., Гаврилюк В.А., Шамурин В.Ф. Надземная и подземная растительная масса некоторых кустарничковых сообществ Корякской земли // Проблемы Севера. М.; Л., 1964. Вып. 8. С. 130–147.
4. Игнатенко И.В., Хакимзянова Ф.И. Почвы и запасы общей фитомассы в ерниково-дриадовой и ивняковой тундрах // Экология. 1971. № 5. С. 17–24.
5. Павлова Е.Б. О растительной массе тундр Западного Таймыра // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. 6: Биология. Почвоведение. 1965. № 5. С. 62–67.
6. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.; Л., 1965. 254 с.
7. Пугачев А.А., Тихменев Е.А. Консервация органического вещества в тундровых ландшафтах Северо-Востока Евразии // Природное наследие России: изучение, мониторинг, охрана: материалы междунар. конф. (Тольятти, 21–24 сентября 2004 г.). Тольятти, 2004. С. 220–221.
8. Пугачев А.А., Тихменев Е.А. Структурно-функциональная организация и динамика почвенно-растительного покрова Крайнего Северо-Востока России: моногр. Магадан, 2011. 197 с.
9. Богданов И.Е., Игнатенко И.В., Пугачев А.А. Почвы, запасы растительной массы и продуктивность крупнокустарничковых тундр юго-западной Чукотки // Биологическая продуктивность и ее увеличение в интересах народного хозяйства. М., 1979. С. 26–27.
10. Пугачев А.А. Биологический круговорот и почвообразование в ландшафтах Крайнего Северо-Востока России. Магадан, 2009. 116 с.
11. Смородникова Н.Ю. Запасы и структура растительной массы арктической тундры острова Врангеля // Биологические проблемы Севера: тез. докл. X Всесоюз. симп. Магадан, 1983. С. 210–211.
12. Юрцев Б.А. Проблемы ботанической географии Северо-Восточной Азии. Л., 1974. 160 с.
13. Александрова В.Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л., 1977. 190 с. (Комаровские чтения, вып. 29).
14. Арктическая флористическая область / под ред. Б.А. Юрцева. Л., 1978. 166 с.
15. Беликович А.В., Галанин А.В., Трегубов О.Д. Подзона типичных и южных тундр // Природа и ресурсы Чукотки. Магадан, 2006. С. 93–95.
16. Клюкин Н.К. Климат // Север Дальнего Востока. М., 1970. С. 101–132.
17. Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В., Родин Л.Е., Нечаева Н.Т., Левин Ф.И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М., 1978. 178 с.
18. Юрцев Б.А., Королева Т.М., Петровский В.В., Полозова Т.Г., Жукова П.Г., Катенин А.Е. Конспект флоры Чукотской тундры. СПб., 2010. 628 с.

### References

1. Shilo N.A. Rel'ef i geologicheskoe stroenie [Relief and Geological Structure]. *Sever Dal'nego Vostoka* [North of the Far East]. Moscow, Nauka Publ., 1970, pp. 21–83. (In Russ.)
2. Tomirdiaro S.V. *Prirodnye protsessy i osvoenie territoriy zony vechnoy merzloty* [Natural Processes and Development of the Permafrost Zone]. Moscow, Nedra Publ., 1978. 145 p. (In Russ.)
3. Vikhireva-Vasil'kova V.V., Gavrilyuk V.A., Shamurin V.F. Nadzemnaya i podzemnaya rastitel'naya massa nekotorykh kustarnichkovykh soobshchestv Koryakskoy zemli [Top and Foot End Vegetation of Some Suffruticose Communities of Koryakskaya Zemlya]. *Problemy Severa* [Problems of the North]. Moscow; Leningrad, Nauka Publ., 1964, iss. 8, pp. 130–147. (In Russ.)
4. Ignatenko I.V., Khakimzyanova F.I. Pochvy i zapasy obshchey fitomassy v ernikovo-driadovoy i ivnyakovoy tundrakh [Soils and Stocks of Total Phytomass in Bushy-Dryad and Willow Tundra]. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology], 1971, no. 5, pp. 17–24.



5. Pavlova E.B. O rastitel'noy masse tundr Zapadnogo Taymyra [On the Plant Mass of Western Taimyr Tundra]. *Vestnik MGU. Ser. 6: Biologiya. Pochvovedenie* [Moscow University Biological Sciences Bulletin. Ser. 6: Biology. Soil Science], 1965, no. 5, pp. 62–67.
6. Rodin L.E., Bazilevich N.I. *Dinamika organicheskogo veshchestva i biologicheskij krugovorot zol'nykh elementov i azota v osnovnykh tipakh rastitel'nosti zemnogo shara* [Dynamics of Organic Matter and Biological Cycle of Ash Constituents and Nitrogen in the Main Types of Vegetation of the Globe]. Moscow; Leningrad, Nauka Publ., 1965. 254 p. (In Russ.)
7. Pugachev A.A., Tikhmenev E.A. Konservatsiya organicheskogo veshchestva v tundrovykh landshaftakh Severo-Vostoka Evrazii [Conservation of Organic Matter in Tundra Landscapes of the Northeast of Eurasia]. *Prirodnoe nasledie Rossii: izuchenie, monitoring, okhrana: materialy mezhdunar. konf. (Tol'yatti, 21–24 sentyabrya 2004 g.)* [Natural Heritage of Russia: Study, Monitoring, Protection: Proc. Intern. Conf. (Togliatti, September 21–24, 2004)]. Togliatti, 2004, pp. 220–221. (In Russ.)
8. Pugachev A.A., Tikhmenev E.A. *Strukturno-funktional'naya organizatsiya i dinamika pochvenno-rastitel'nogo pokrova Kraynego Severo-Vostoka Rossii: monogr.* [Structurally Functional Organization and Dynamics of Soil and Vegetation Cover of the Far Northeast of Russia]. Magadan, North-Eastern State Univ. Publ., 2011. 197 p. (In Russ.)
9. Bogdanov I.E., Ignatenko I.V., Pugachev A.A. Pochvy, zapasy rastitel'noy massy i produktivnost' krupnokustarnikovykh tundr yugo-zapadnoy Chukotki [Soils, Vegetable Stocks and Productivity of Large-Shrubby Tundra of Southwestern Chukotka]. *Biologicheskaya produktivnost' i ee uvelichenie v interesakh narodnogo khozyaystva* [Biological Productivity and Its Increase for the Benefit of the National Economy]. Moscow, Moscow State Univ. Publ., 1979, pp. 26–27. (In Russ.)
10. Pugachev A.A. *Biologicheskij krugovorot i pochvoobrazovanie v landshaftakh Kraynego Severo-Vostoka Rossii* [Biological Cycle and Soil Formation in the Landscapes of the Far North-East of Russia]. Magadan, North-East Sci. Center of the FEB RAS Publ., 2009. 116 p. (In Russ.)
11. Smorodnikova N.Yu. Zapasy i struktura rastitel'noy massy arkticheskoy tundry ostrova Vrangelya [Reserves and Structure of Plant Mass of Arctic Tundra of Wrangel Island]. *Biologicheskie problemy Severa: tez. dokl. X Vsesoyuz. simp.* [Biological Problems of the North: Proc. 10th All-Union Acad. Conf.]. Magadan, 1983, pp. 210–211. (In Russ.)
12. Yurtsev B.A. *Problemy botanicheskoy geografii Severo-Vostochnoy Azii* [Problems of Botanical Geography of Northeast Asia]. Leningrad, Nauka Publ., 1974. 160 p. (In Russ.)
13. Aleksandrova V.D. *Geobotanicheskoe rayonirovanie Arktiki i Antarktiki* [Geobotanical Zoning of the Arctic and Antarctic]. *Komarovskie chteniya, vyp. 29* [Komarov's Readings, Iss. 29]. Leningrad, Nauka Publ., 1977. 190 p. (In Russ.)
14. Yurtsev B.A., ed. *Arkticheskaya floristicheskaya oblast'* [The Arctic Floristic Region]. Leningrad, Nauka Publ., 1978. 166 p. (In Russ.)
15. Belikov A.V., Galanin A.V., Tregubov O.D. Podzona tipichnykh i yuzhnykh tundr [Subzone of Typical and Southern Tundra]. *Priroda i resursy Chukotki* [Nature and Resources of Chukotka]. Magadan, North-East Sci. Center of the FEB RAS Publ., 2006, pp. 93–95. (In Russ.)
16. Klyukin N.K. *Klimat* [Climate]. *Sever Dal'nego Vostoka* [North of the Far East]. Moscow, Nauka Publ., 1970, pp. 101–132. (In Russ.)
17. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V., Rodin L.E., Nechaeva N.T., Levin F.I. *Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonakh* [Methods of Biological Cycle Studying in Various Natural Zones]. Moscow, Mysl' Publ., 1978. 178 p. (In Russ.)
18. Yurtsev B.A., Koroleva T.M., Petrovskiy V.V., Polozova T.G., Zhukova P.G., Katenin A.E. *Konspekt flory Chukotskoy tundry* [Abstract of Flora of Chukotka Tundra]. Saint Petersburg, VVM Publ., 2010. 628 p. (In Russ.)

DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.3.255

*Aleksey A. Pugachev\**, *Evgeniy A. Tikhmenev* \*/\*\*

\*Institute of Biological Problems of the North, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences  
(Magadan, Russian Federation)

\*\*North-Eastern State University (Magadan, Russian Federation)

### CONSERVATION OF PLANT ORGANIC MATTER AND SOIL FORMATION IN ECOSYSTEMS OF ZONAL TUNDRA OF EXTREME NORTHEAST ASIA

The paper studies the features of conservation of organic matter and the functioning of soil-cover complexes in typical tundra phytocenoses of the Far Northeast of Asia. Significant inhibition of the biological cycle of substances in conditions of low temperatures and weak microbiological activity of soils in the tundra zone leads to the conservation of chemical elements in the dead parts of plants. Annual plant litter in the plain tundra is 0.78–1.87 t/ha. Photosynthesizing organs dominate in its structure (49–65 % of litter mass) and roots (31–47 %); the role of lignifying organs is insignificant. The ash and nitrogen content in the litter of previous years can exceed 49–60 times the amount of chemical elements annually transferred with plant residues, which defines the specificity of the soil-forming process. In the dead plant mass of tundra communities, 1.02–2.94 t/ha of chemical elements are preserved for an indefinite period of time, and a considerable part of them is represented by nitrogen (0.33–0.95 t/ha). The decomposition course of dead plant residues in the investigated tundra communities is accompanied by a significant accumulation of silicon, aluminum and iron, substantially less – by calcium, magnesium, as well as by a loss of mobile elements – potassium and phosphorus. The substance exchange between soils and vegetation apparently occurs according to the following scheme: root systems of plants extract mobilized biophilic elements from soil, accumulating them in a synthesized organic matter, the main part of which is concentrated in above-ground organs and peat litter. After the death, decomposition and mineralization, the great part of ashy elements and nitrogen of plant litter remains in the upper part of the profile. The bulk of them is involved into the biological cycle, a certain amount migrates into the mineral part of the profile or carried out beyond the landscape with surface waters. The obtained data allow considering tundra landscapes as natural accumulators of transformed solar energy and organogens at a global scale.

**Keywords:** *tundra landscape, soil-biological process, phytomass stock, plant litter, conservation of organic matter.*

Поступила 06.04.2017  
Received on April 06, 2017

---

**Corresponding author:** Evgeniy Tikhmenev, *address:* ul. Portovaya, 18, Magadan, 685000, Russian Federation;  
*e-mail:* etikhmenev@bk.ru

**For citation:** Pugachev A.A., Tikhmenev E.A. Conservation of Plant Organic Matter and Soil Formation in Ecosystems of Zonal Tundra of Extreme Northeast Asia. *Arctic Environmental Research*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 255–264. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.3.255