

УДК 550.461

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАКУСТАРИВАНИЯ В ЮЖНОЙ ТУНДРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ПОЧВЫ

**С. В. Лойко, Д. М. Кузьмина, Г. И. Истигечев, И. В. Крицков,
А. Г. Лим, Н. В. Климова, С. П. Кулижский, О. С. Покровский**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
пр. Ленина 36, 634050, г. Томск, Россия, s.loyko@yandex.ru*

Потепление климата приводит к появлению в условиях верхних частей склонов плакорных тундр кустарниковых экосистем. Под кустарниками улучшаются водный, воздушный и питательный почвенные режимы. Это вызывает эволюцию исходных почв отделов глеевых и криогенных в сторону более южного отдела криометаморфических почв (по Классификации почв России 2004 г.). Уменьшаются мощность органогенного горизонта и площадь глеевых пятен на срезе.

Ключевые слова: Пур-Тазовское междуречье; ольховник; склоны; глееземы; тиксотропия; талики.

INFLUENCE OF BUSHINESS PROCESSES IN THE SOUTHERN TUNDRA OF WESTERN SIBERIA ON SOILS

**S. V. Loiko, D. M. Kuzmina, G. I. Istigechev, I. V. Kritskov, A. G. Lim,
N. V. Klimova, S. P. Kulizhsky, O. S. Pokrovsky**

*National Research Tomsk State University, Lenin Ave. 36, 634050, Tomsk, Russia,
s.loyko@yandex.ru*

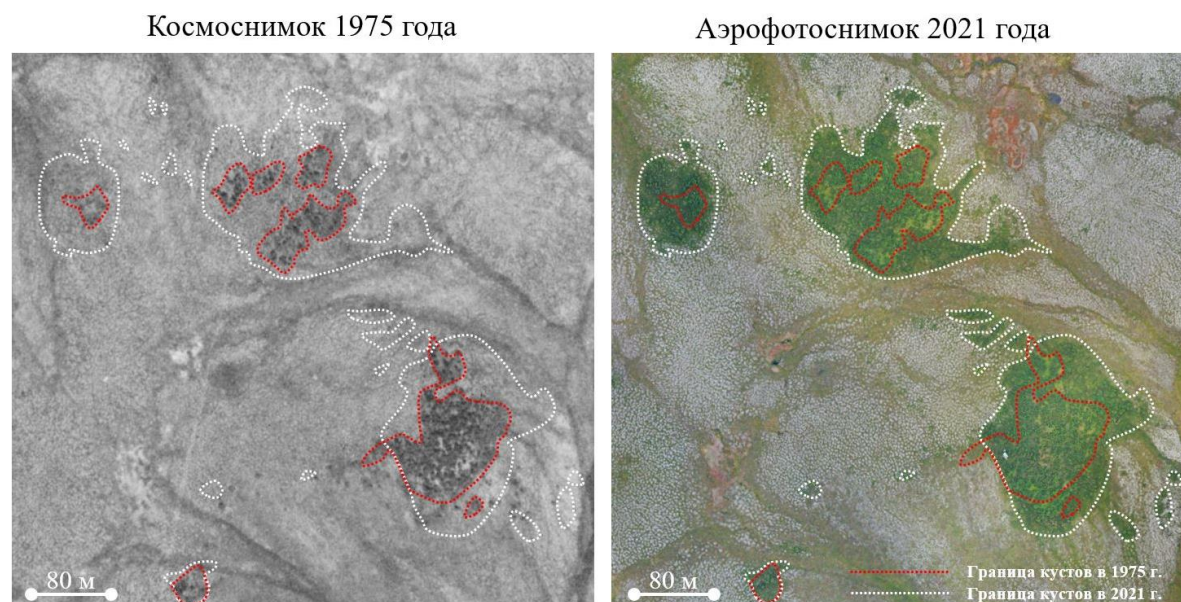
Climate warming leads to the occurrence of shrub ecosystems in upland tundra environments. Under shrubs, water, air and nutrient soil regimes improve. This causes evolution of tundra soils of the gley and cryogenic soil divisions towards the more southern division of cryometamorphic soils (according to the Classification of Soils of Russia 2004). The thickness of the organogenic horizon and the area of gley patches on the section decreases.

Keywords: Pur-Taz interfluve; alder forest; slopes; glezemes; thixotropy; taliks.

Потепление климата в условиях тундры [1-2] приводит к росту продолжительности периода вегетации растений, атмосферных осадков, доступности питательных веществ для растений. В результате увеличивается продуктивность растительности [3], что вызывает наблюдаемый дистанционно эффект «позеленения» [4]. Последнее связано не только с увеличением продуктивности тундровых растительных сообществ, но и

зарастанием участков тундры кустарниками (консорции ольховника, ивы и ерника) [5]. Вопросам закустаривания тундры посвящено значительное количество работ [6]. Наиболее существенные экологические изменения происходят, когда ядром консорции выступает ольховник, обогащающий почвы соединениями азота [7] и приводящий к их существенному теплению [8]. Однако до сих пор слабо изучено влияние этих процессов на почвы, их морфологическое строение, запасы химических элементов и почвенные процессы.

Для изучения особенностей изменения тундровых почв после колонизации их ольховником были проведены исследования в пределах Пур-Тазовского междуречья, неподалёку от пос. Тазовский (ЯНАО, Россия). Изучено 8 хронокатен, заложенных от центральной части модельного плакорного ольховника к фоновой тундре (рисунок). Всего изучено 33 почвенных разреза, что позволило охарактеризовать пять стадий растительной сукцессии: тундра (9 разрезов); экотон (7); кустарники лишайниково-ерниково-травяные (6); кустарники травяные (6); луговины (5). Установлено, что ольховник начал формироваться в середине 1950-х гг. В это время произошло относительное похолодание климата, которое вызвало активизацию криогенных процессов и формирование новых пятен-медальонов, на которых и заселилась ольха. Активный рост ольховника пришёлся на более тёплый период времени.



Динамика модельных ольховников во времени

В тундре, на рассеивающих микросклонах, встречаются глееземы криогенно-ожелезненные мерзлотные. Микроводоразделы экотона заняты таким же глеезедами мерзлотными криогенно-ожелезненными, но с

более мощным сезонно-талым слоем. В периферической части ольховника почвы принадлежат уже иному отделу и представлены криометаморфическими грубогумусированными глееватыми. В центральной части ольховника на рассеивающих микросклонах – криометаморфические типичные почвы, уже практически без признаков глееватости.

Почвы собирающих склонов в пределах ключевого участка отличаются большей глееватостью, влажностью и мощностью органогенного горизонта. Так, на собирающем склоне в тундре распространены торфяно-глееземы криотурбированные криогенно-ожелезненные остаточно-гумусированные мерзлотные. На экотоне ольховника в ложбине встречаются не только глееземы, но и торфяно-криоземы поверхностно-глееватые. На собирающем склоне в периферической части ольховника встречен глеезем грубогумусированный криометаморфизованный криотурбированный криогенно-ожелезненный. Ниже по склону, в аналогичной форме микрорельефа, наблюдается глеезем грубогумусированный криогенно-ожелезненный.

В изученном сукцессионном ряду, по мере увеличения возраста растительности, происходит ослабление выраженности признаков оглеения. Глубина расположения глеевых морфонов от минеральной поверхности почвы увеличивается. Количество глеевых пятен на срезе почвы уменьшается. Горизонт G превращается в G_{oh} или Vfe,g. В почвенных образцах возрастает содержание красного (*a) и желтого пигментов (*b). Вместе с тем криогенно-ожелезненный подгоризонт, залегающий выше глеевого, становится более тусклым, и роль в окраске вышеобозначенных пигментов падает. Изменение морфологии почв в сукцессионном ряду определяется формами микрорельефа. Так, в центральной зоне ольховника наиболее устойчивы признаки оглеения в глееземе грубогумусированном (ложбины), но, в отличие от своего тундрового аналога — торфяно-глеезема, в этой почве торфяной горизонт преобразован в грубогумусированный. На микроводоразделах под ольховником местами признаки оглеения в верхних 40 см почвы практически исчезают.

Изучены разнообразные почвенные параметры, начиная от морфологических параметров заканчивая почвенным плодородием. Результаты обрабатывались с использованием статистических методов. Четыре сукцессионные стадии ольховника и тундру сравнивали по изученным параметрам между собой с помощью дисперсионного анализа ANOVA. Выявлено, что сильнее всего стадии различаются по характеристикам органогенного горизонта почв. Достоверные различия имеются почти по всем изученным параметрам. Парное сравнение стадий по органогенным горизонтам с помощью U-критерия Манна-

Уитни показало, что стадии тундра и экотон достоверных различий не имеют, кустарник лишайниково-ерниковый и луговина, наоборот, отличаются по всем параметрам. Также сильно различаются стадия экотона и кустарника лишайниково-ерникового, достоверных различий не выявлено только для запасов нитратного азота. Хорошо дифференцируются стадии кустарника лишайниково-ерникового и кустарника травяного (различия по 72 % параметров). Тундра и луговина различаются только по разным формам азота в органогенных горизонтах почв. При сравнении минеральных горизонтов получилось, что луговина и два типа кустарников, как и кустарники между собой, различий не имеют. Тундра от луговины и травяного кустарника, и экотон от луговины и двух типов кустарника отличаются только запасом нитратного азота. Тундра и кустарник лишайниковый различаются по нитратному азоту и обменной кислотности, тундра и экотон различаются по обменной кислотности и запасам калия. По запасам питательных веществ в фитомассе и мортмассе все стадии, кроме тундры, одинаковые. Тундра от всех стадий отличается запасами калия и от луговины запасами фосфора. Запас в экосистеме подвижного калия на стадии тундры самый низкий, а запас воды, наоборот, высокий, как и на стадии экотона.

Поселение ольхи в тундре приводит к сильному зимнему потеплению почв за счёт накапливающегося снега. По мере увеличения биомассы ольхи, а также ивы и ерника происходит обогащение биологического круговорота азотом, что совместно с улучшенными гидротермическими условиями содействует внедрению осок, вейников и других травянистых видов. Увеличивается мощность сезонно-талого слоя, постепенно в центре ольховника формируется талик. Активизация мезофауны приводит к деструкции органогенного тундрового горизонта, формируются серогумусовые морфоны. Исчезновение признаков тиксотропности формирует условия для сохранения в сезонных циклах порового пространства в почвах, а исчезновение мерзлоты способствует улучшению дренажа, что наряду с появлением корневых систем трав способствует улучшению аэрации почв. По этой причине признаки оглеения в почве исчезают. Процессы агрегации почвенной массы приводят к эволюции почв в сторону типа криометаморфических почв, что можно диагностировать по появлению локально оструктуренных по оолитовому типу морфонов. Со временем имеющие признаки криометаморфизации глееземы и криоземы превращаются на рассеивающих микросклонах в экстразональные криометаморфические почвы, характерные в качестве ведущего компонента почвенного покрова для суглинистых плакоров лесотундры и северной тайги. Таким образом,

за период времени в 70 лет в почвах происходят выраженные эволюционные изменения, значимо меняется большинство параметров.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

Библиографические ссылки

1. Permafrost degradation in the western Russian arctic / A. A. Vasiliev [et al.] // *Environmental Research Letters*. 2020. Vol. 15, № 4. Article № 045001.
2. Long-term active layer monitoring at CALM sites in the Russian European North / D. Kaverin [et al.] // *Polar Geography*. 2021. Vol. 44, № 3. P. 203–216.
3. Spatial heterogeneity of the temporal dynamics of Arctic Tundra vegetation / L. M. Reichle [et al.] // *Geophysical Research Letters*. 2018. Vol. 45, № 17. P. 9206–9215.
4. Тишков А. А., Кренке–мл. А. Н. «Позеленение» Арктики в XXI веке как эффект синергизма действия глобального потепления и хозяйственного освоения // *Арктика: экология и экономика*. 2015. № 4. С. 28–38.
5. Patterned-ground facilitates shrub expansion in Low Arctic tundra / G. V. Frost [et al.] // *Environmental Research Letters*. 2013. Vol. 8, № 1. Article № 015035.
6. Chen Y., Hu F. S., Lara M. J. Divergent shrub-cover responses driven by climate, wildfire, and permafrost interactions in Arctic tundra ecosystems // *Global change biology*. 2021. Vol. 27, № 3. P. 652–663.
7. Alder (*Alnus crispa*) effects on soils in ecosystems of the Agashashok River valley, northwest Alaska / C. Rhoades [et al.] // *Ecoscience*. 2001. Vol. 8, № 1. P. 89–95.
8. Periglacial vegetation dynamics in Arctic Russia: decadal analysis of tundra regeneration on landslides with time series satellite imagery / M. Verdonen [et al.] // *Environmental research letters*. 2020. Vol. 15, № 10. Article № 105020.