

2. *Arinushkina E.V.* Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 478 s.
3. *Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Karpushova A.V.* i dr. Sravnitel'naja harakteristika metodov opredelenija organicheskogo ugleroda v pochvah // Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – № 8–7. – S. 1576–1580.
4. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta. – M., 1979. – 416 s.
5. *Kogut B.M., Sysuev S.A., Holodov V.A.* Vodoprochnost' i labil'nye gumusovye veshhestva tipichnogo chernozema pri raznom zemlepol'zovanii // Pochvovedenie. – 2012. – № 5. – S. 555–561.
6. *Komarevceva L.G., Majdebura N.M., Balashova L.A.* Metody pochvennyh i agrohimicheskikh issledovanij: ucheb. posobie / Jaroslavskaja GSHA. – Jaroslavl', 2011. – S. 97.
7. *Komarov A.A.* Osobennosti mineralizacii gidroliznogo lignina v uslovijah razlichnyh fitocenozov // Agrohimiya. – 2003. – № 12. – S. 5–12.
8. *Kononov O.D., Lagutina T.B.* Udobreniya iz othodov lesopredpriyatij // Himiya v sel. hoz-ve. – 1996. – № 6. – S. 14–17.
9. *Nadezhkin S.M., Sibrimov N.I., Nadezhkina E.V.* Vlijanie othodov proizvodstva negorjuchej fanery na gumusnoe sostojanie chernozema vyshhelochennogo // Agrohimiya. – 2007. – № 7. – S. 15–21.
10. *Romanov E.M., Muhortov D.I.* Biotehnologicheskie aspekty proizvodstva novyh organomineral'nyh udobrenij dlja lesnyh pitomnikov // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. – 1997. – № 4. – S. 76–81.
11. *Chuprova V.V., Ljukshina I.V., Belousov A.A.* i dr. Zapasy i dinamika legkomineralizuemoj frakcii organicheskogo veshhestva v pochvah Srednej Sibiri // Vestn. KrasGAU. – 2003. – № 3. – S. 65–73.



УДК 502.521(1-924.82)

*И.Н. Безкоровайная, И.В. Борисова,  
А.В. Климченко, О.М. Шабалина,  
Л.П. Захарченко, А.А. Ильин, А.К. Бескровный*

**ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЭВЕНКИЯ)\***

*I.N. Bezkorovainaya, I.V. Borisova,  
A.V. Klimchenko, O.M. Shabalina,  
L.P. Zakharchenko, A.A. Ilyin, A.K. Beskrovny*

**THE INFLUENCE OF PYROGENIC FACTOR ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS UNDER CONDITIONS OF PERMAFROST (CENTRAL EVENKIA)**

**Безкоровайная И.Н.** – д-р биол. наук, проф. каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Борисова И.В.** – канд. геогр. наук, доц. каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Bezkorovainaya I.N.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Borisova I.V.** – Cand. Geogr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

\*Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ-а №16-04-00796.

**Климченко А.В.** – канд. биол. наук, науч. сотр. Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Шабалина О.М.** – канд. биол. наук, доц. каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Захарченко Л.П.** – магистр каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Ильин А.А.** – бакалавр каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Бескровный А.К.** – бакалавр каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Klimchenko A.V.** – Cand. Biol. Sci., Staff Scientist, V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Separate Division of FRC KRC, Krasnoyarsk. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Shabalina O.M.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Zakharchenko L.P.** – Magistrate Student, Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Ilyin A.A.** – Bachelor, Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

**Beskrovny A.K.** – Bachelor, Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: birinik-2011@yandex.ru

Проведен анализ биологической активности почв в условиях многолетней мерзлоты на примере северотаежных лиственничников Центральной Эвенкии на склонах северных и южных экспозиций. Для оценки роли пирогенного фактора в формировании биологической активности почв на склонах южной экспозиции подобран ряд гарей разного послепожарного возраста (1, 2 и 24 года). Лиственничники более старшего послепожарного возраста рассматриваются как условно ненарушенные и являются контрольными участками. Почвы представлены подбурами и криоземами. Почвообразование в северотаежной подзоне лимитируется двумя основными факторами – особенностями материнских пород и многолетней мерзлотой. Северотаежные лиственничники имеют сложный микрорельеф. На плакорных участках и на склонах северной экспозиции ярко выражено сочетание микроповышений и микропонижений. Такие различия обуславливают пространственную неоднородность мохово-лишайникового яруса и подстилок. Для характеристики активности биологических процессов оценивалась обогащенность почвы ферментами каталазой и уреазой и целлюлозоразлагающая активность *in situ*. Почвы по обогащенности ферментами

каталазой и уреазой характеризуются как бедные и очень бедные (по шкале Звягинцева Д.Г.). Показана низкая активность интегральной характеристики биологических процессов целлюлозоразложения: за три месяца разлагается не более 7 % целлюлозы. В первые годы после высокоинтенсивных пожаров выявлено стимулирующее влияние пирогенного фактора на ферментативную и целлюлозоразлагающую активность криогенных почв, что особенно проявляется в верхних пирогенно-трансформированных слоях. Анализ биологической активности криогенных почв в лиственничниках северной тайги показал, что пирогенный фактор отличается более сильным влиянием на напряженность биологических процессов по сравнению с микроклиматическими условиями исследованных местообитаний.

**Ключевые слова:** криогенные почвы, пожара, ферментативная активность, целлюлозоразложение.

The analysis of biological activity of soils in the conditions of permafrost on the example of north taiga larch forests of Central Evenkia on the slopes of northern and southern exposures was carried out. To assess the role of pyrogenic factor in the formation of biological activity of soils on the slopes

of southern exposure, a number of different post-fire fires (1, 2 and 24 years) were selected. Larches of the older post-fire age were considered as conditionally undisturbed and control areas. Soils were represented by podburs and cryosems. Soil formation in the north taiga subzone was limited by two main factors: the features of the parent rocks and permafrost. North-taiga larch forests have a complex microrelief. At the placer sites and on the slopes of northern exposition, a combination of microincrements and microdepressions was clearly pronounced. Such differences cause spatial heterogeneity of moss-lichen layer and litter. To characterize the activity of biological processes, soil enrichment by enzymes catalase and urease and cellulose-decomposing activity *in situ* were assessed. The soils for enrichment with enzymes catalase and urease were characterized as poor and very poor (according to the scale of Zvyagintseva D.G.). The low activity of integral characteristic of biological processes was shown: cellulose decomposition: no more than 7 % of cellulose decomposes in three months. In the first years after high-intensity fires, stimulating effect of pyrogenic factor on enzymatic and cellulose-decomposing activity of cryogenic soils was revealed, which was especially pronounced in the upper pyrogenically transformed layers. The analysis of biological activity of cryogenic soils in the larch forests of northern taiga has shown that pyrogenic factor differs more strongly in the intensity of biological processes than in microclimatic conditions of the studied habitats.

**Keywords:** cryogenic soils, fire, enzymatic activity, cellulose decomposition.

**Введение.** Многолетняя мерзлота сосредоточена главным образом в Северном полушарии и распространена на 25 % суши (около 22,8 млн км<sup>2</sup>), в том числе более чем 11 млн км<sup>2</sup> в России, занимая около 65 % территории страны [1].

Фиксируемое устойчивое возрастание приземной температуры в экстремальных условиях криолитозоны становится одним из ведущих факторов, определяющих не только состояние и продуктивность криогенных экосистем, но и частоту и площадь лесных пожаров. Огромные масштабы и высокая периодичность пожаров дают основание рассматривать их в качестве мощного и активно действующего фактора, оказывающего сложное и многоплановое влияние на почву, приводя к заметным изменениям ее

важнейших физических, физико-химических, химических и биологических свойств [2, 3].

Тренд повышения активности пожаров и горимости лесов Сибири подтверждается данными разных лет [4, 5]. Следует ожидать, что прогнозируемые изменения климата совместно с пирогенной трансформацией экологических условий отразятся на мерзлотном режиме и направленности гетеротрофных процессов, локализованных в почве. В результате может снизиться аккумулярующая роль криогенных почв, активизация биологических процессов приведет к увеличению доступности органического вещества почв [6, 7].

Криогенные экосистемы находятся под суммарным воздействием экстремальных климатических условий и различных экзогенных факторов, в том числе связанных с деятельностью человека (пожары, вырубки, разработка месторождений полезных ископаемых и пр.), и выявление механизмов их устойчивости является одной из важнейших проблем современной экологии. Диагностика почв и почвенных процессов с точки зрения биологических характеристик дает достаточно полную информацию об их актуальных и потенциальных возможностях, способствуя наиболее точному прогнозированию реакции почвенной среды и экосистемы в целом на воздействие различных экзогенных факторов (изменение климата, пожары и пр.).

**Цель исследования:** выявить роль пирогенного фактора в формировании биологической активности почв в условиях многолетней мерзлоты на примере северотаежных лиственничников Центральной Эвенкии.

**Объекты исследования.** Район исследования относится к Эвенкийской лесорастительной провинции и расположен близ плато Путорана, где главной лесообразующей породой является лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* Rupr.). Экосистемы представлены послепожарными лиственничниками кустарничково-лишайниково-зеленомошными (50–70 лет), сформированными на склонах северных и южных экспозиций (64° с.ш., 100° в.д.). Для оценки влияния пирогенного фактора на биологическую активность почв на склонах южной экспозиции подобран ряд гарей разного послепожарного возраста (1, 2 и 24 года). Лиственничники более старшего послепожарного возраста рассматриваются как условно ненарушенные и являются контрольными участками.

24-летняя гарь – листовничник голубично-бруснично-багульниковый  $C_{H_2O}$  лишайниково-моховой на плакоре с хорошо развитым бугристо-западинным микрорельефом. 2-летняя гарь – участок после устойчивого низового пожара 2013 г. с полной гибелью древостоя. Микрорельеф хорошо выраженный, бугристо-западинный. Свежая однолетняя гарь – на склоне южной экспозиции, устойчивый пожар прошел во второй половине лета 2015 г. Микрорельеф бугристо-западинный, в западинах после уничтожения растительности сформировались эрозионные борозды глубиной около 15 см. Древостой погиб полностью.

Почвенный покров представлен подбурами и криоземами. Подбуры составляют основной почвенный фон данной территории, они занимают не только склоновые позиции, но и междуречья, перекрытые трапповой формацией. Характеризуются хорошим дренажом и оттаиванием мерзлоты в конце вегетационного периода на всю глубину почвенного профиля. Характерной морфологической особенностью подбуров в данном регионе является малая мощность охваченной почвообразованием толщи (30–50 см), присутствие грубогумусного (оторфованного) горизонта мощностью 5–12 см, наличие криогенной (слоевой, слоево-плитчатой) структуры в подстилающей породе. На северных склонах в почвенном покрове выделены криоземы. Профиль этих почв, как правило, маломощен и ограничен залеганием вечной мерзлоты. Мощность органогенного горизонта – 10–15 см. Грубогумусный горизонт (5–9 см) криогомогенизирован, отличается обилием растительных остатков разной степени разложения.

Почвообразование в северотаежной подзоне лимитируется двумя основными факторами – особенностями материнских пород и многолетней мерзлотой. По теплообеспеченности почвы района относятся к мерзлотным сезонно-талым. Возможные изменения в глубине деятельного слоя могут зависеть от микрорельефа, инсоляции, биомассы мохово-лишайникового слоя и послепожарного возраста. Мощность деятельного слоя в почвах контрольных участков изменяется от 40 до 80 см, в почвах под листовничными гарями – от 65 до 170 см.

По своим трофическим свойствам почвы относятся к кислым, их обменный рН колеблется от 4,2 до 5,6. При этом лучше прогреваемые

почвы имеют более кислую среду. Отмечается низкая обеспеченность почв минеральными элементами. Количество доступных форм азота и фосфора в них почти на порядок ниже, чем в длительно-сезонно-промерзающих почвах средней и южной тайги Средней Сибири.

**Методы исследования.** На каждой пробной площади были заложены 10-метровые трансекты. Вдоль каждого трансекта на учетных площадках был проведен учет запасов живого напочвенного покрова и подстилок. Подстилки отбирали в 10-кратной повторности с площади 20 × 20 см, затем в лаборатории их высушивали, взвешивали и пересчитывали на кв. м.

На каждой пробной площади были отобраны образцы почвы для анализа ферментативной активности: в слоях подстилки 0–5, 5–10 и 10–20 см были отобраны образцы. Для каждого слоя подготовлен средневзвешенный образец почвы, который анализировался в лаборатории.

Для оценки биологической активности почв определяли актуальную целлюлозоразлагающую активность и активность ферментов каталазы и уреазы. Для определения актуальной целлюлозоразлагающей активности почвы на разных элементах рельефа в подстилку и минеральный слой почвы 20–30 см помещались полоски хлопчатобумажной ткани в трехкратной повторности сроком на вегетационный период июнь – август. По разности весов, до и после пребывания ткани в почве, высчитывался процент разложившейся клетчатки.

Для определения каталазной активности почвы использовали метод А.Ш. Галстяна (1978) [8]. Активность фермента оценивали по количеству выделившегося кислорода в результате разложения перекиси водорода за 3 мин. Активность фермента уреазы определяли колориметрическим методом после компостирования почвы с мочевиной в течение суток при температуре 38 °С по методу Щербаковой [8].

**Результаты исследования.** Лесная подстилка может рассматриваться как интегральный показатель активности почвенных биологических процессов и различия в запасах подстилок, формирующихся в близких типах лесных сообществ, могут отражать влияние тех или иных экзогенных факторов [9].

Северотаежные листовничники имеют сложный микрорельеф. На плакорных участках и на склонах северной экспозиции ярко выражено сочетание бугров (микрорысений) и западин (микроронжений). Такие различия обу-

словливают пространственную неоднородность мохово-лишайникового яруса и подстилок. Мощность подстилок на северных склонах на буграх составляет 9 см, в западинах – от 10 до 15 см; на южных склонах – 6 см. Запасы подстилок на северных и южных склонах различаются слабо и составляют 3,9–4,7 г/м<sup>2</sup>.

Высокоинтенсивные пожары в северотаежных лиственничниках Центральной Эвенкии 2013 и 2015 гг. привели к полной гибели древостоя и полному выгоранию подстилки на исследуемых участках. Через год наблюдается ее постепенное формирование за счет послепожарного опада хвои и травы – ее запасы колеблются от 32 через год после пожара до 267 г/м<sup>2</sup> через два года. На 24-летней гари запасы подстилки близки к таковым на контрольных участках.

Выгорание подстилок во время пожара приводит к увеличению инсоляции и существенно снижению альбедо поверхности почвы. По данным П.А. Тарасова [10] в первый год после пожара в среднетаежных сосняках альбедо снижается с 18–20 до 10–13 % и отмечается увеличение температуры в 0–20 см минеральном слое почвы на 15 °С, что в условиях бореальной зоны при дефиците тепла может рассматриваться как положительный эффект. Прогревание почвы и ее обогащение минеральными элементами в послепожарный период созда-

ет благоприятные условия для функционирования почвенной микрофлоры.

Немногие данные по численности и соотношению различных эколого-трофических групп микроорганизмов в почвах под лиственничниками северной тайги Средней Сибири показывают, что как подбуры, так и криоземы характеризуются слабой активностью биоредукторов с преимущественным развитием в данных условиях психротолерантных форм с малоактивным ферментным аппаратом [11].

Определение потенциальной активности каталазы показало ее наибольшую активность в минеральных слоях почвы контрольных лиственничников (табл. 1). Как на северных, так и на южных склонах во всех исследованных слоях она составляет не более 2,07 мл О<sub>2</sub>/3 мин/г почвы.

Влияние экспозиции склона на обогащенность каталазой проявляется только в органо-генных горизонтах – на склонах южной экспозиции она в 2 раза превышает таковую на северных склонах. Возможно, выявленные различия в каталазной активности между подстилками и минеральными слоями связаны с особенностями гумусного состояния криогенных почв. Высокий коэффициент корреляции активности каталазы и содержания гумуса в почвах подтверждается другими авторами [12, 13].

#### Ферментативная активность в почвах послепожарных лиственничников северной тайги

Слой, см	Контроль		Возраст гари, год		
	Южный склон	Северный склон	1	2	24
Каталаза, мл О <sub>2</sub> за 3 мин/г почвы					
Подстилка	0,70	0,40	3,10	1,03	3,73
0–5	1,53	1,26	4,33	1,53	1,93
5–10	2,07	2,00	1,00	1,07	1,13
10–20	0,67	0,87	0,87	1,27	0,30
Уреаза, мг NH <sub>4</sub> /100 г почвы					
Подстилка	27,10	25,17	19,37	33,30	25,46
0–5	2,97	3,67	34,27	30,42	20,78
5–10	2,33	1,05	3,01	4,07	0,36
10–20	16,38	0,15	5,57	9,49	1,74

Определение потенциальной активности уреазы показало, что по обогащенности этим ферментом подстилки склонов северной и южной экспозиций близки между собой – актив-

ность фермента составляет 25,17 и 27,10 мг NH<sub>4</sub> /100 г почвы соответственно (см. табл.). В минеральной части почвы активность уреазы резко снижается более чем в 10 раз. Только на

южном склоне в минеральном слое 10–20 см отмечено увеличение уреазной активности до 16,38 мг NH<sub>4</sub>/100 г почвы.

На гарях отмечено увеличение каталазной активности в 2–3 раза, прежде всего в пирогенно-трансформированной подстилке. Только на свежей гари отмечено повышение активности данного фермента в минеральном слое почвы 0–5 см. Максимальной активностью фермента отличаются подстилочные горизонты почвы на 24-летней и 1-летней гарях – 3,1 и 3,7 мл O<sub>2</sub>/3 мин/г почвы соответственно. На 2-летней гари активность каталазы в среднем в 3 раза ниже и во всех исследованных слоях почвы не превышает 1,53 мл O<sub>2</sub>/3 мин/г почвы. Активность уреазы в пирогенно трансформированных подстилках близка таковой в подстилках контрольных участков. Однако более чем в 10 раз увеличилась обогащенность этим ферментом верхнего минерального слоя почвы 0–5 см. Также увеличение активности каталазы отмечено в минеральном слое почвы 5–20 см на свежих гарях (1–2 года после пожара). 24-летняя гать по данному показателю близка к контрольным участкам.

Следует отметить, что по обогащенности ферментами каталазой и уреазой исследованные криогенные почвы как до пожара, так и после по шкале Д.Г. Звягинцева характеризуются как бедные и очень бедные.

Интегральным показателем интенсивности почвенных биологических процессов может рассматриваться целлюлозоразлагающая активность. Анализ актуальной активности целлюлозоразложения почв всех исследуемых участков показал, что они характеризуются низкой активностью данного процесса. За три месяца экспозиции полотен в естественных условиях склонов южной и северной экспозиции в подстилках и минеральном слое 0–20 см разлагается в среднем не более 7 % целлюлозы (рис. 1). Напряженность процессов разложения в минеральных слоях северного склона снижается почти в 2 раза, что объясняется низкими температурами за счет теплоизолирующей мощной подстилки с одной стороны и близким залеганием многолетней мерзлоты с другой.

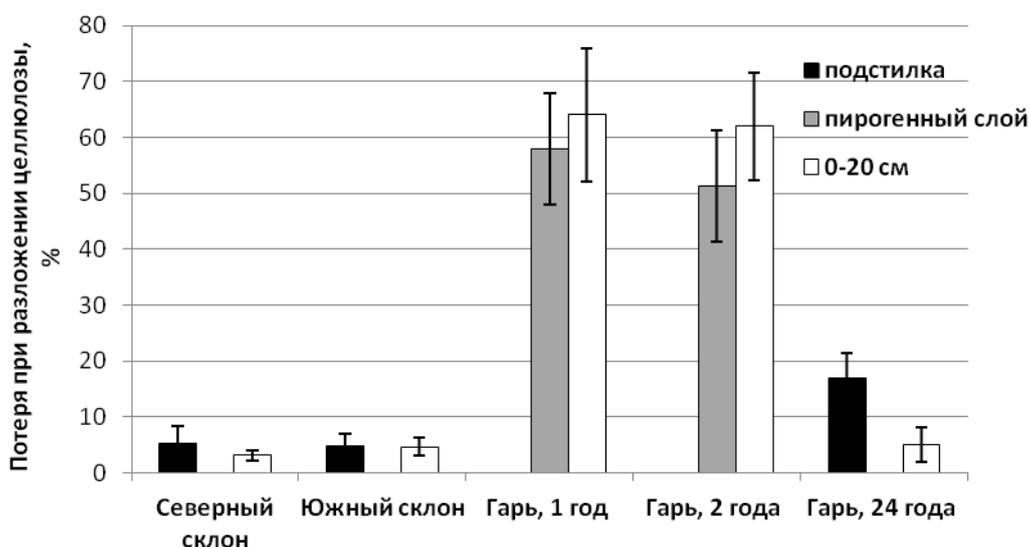


Рис. 1. Целлюлозоразлагающая активность почв послепожарных лиственничников северной тайги *in situ* за период июнь – август

На свежих гарях потеря целлюлозы за вегетационный период составила в пирогенном слое 51–58 %, в минеральном слое – 62–64 %. На 24-летней гари только в подстилках активность целлюлозоразлагателей более чем в три раза превышает таковую на контрольных участках, в минеральном слое почвы 0–20 см за три

месяца экспозиции разложилось около 5 % целлюлозы. Такие неравномерные всплески биологической активности в минеральных слоях криогенных почв могут быть связаны с криотурбационными процессами, которые приводят к затекам органического вещества в нижележащие

минеральные слои, образуя центры активизации биологических процессов.

Анализ ферментативной и целлюлозоразлагающей активности криогенных почв показал, что биологические процессы в исследуемых почвах зависят от суммарного воздействия нескольких факторов – глубины слоя и его насыщенности органическими остатками (органогенный или минеральный слой почвы), экспозиции склона и давности пожара. Для классификации

исследованных местообитаний и вычленения значимости вышеперечисленных факторов для биологической активности криогенных почв был использован кластерный анализ. В результате выделились кластеры гарей в ненарушенных пожарах местообитаниях (рис. 2). Среди ненарушенных участков не выделены кластеры южного и северного склонов, но выделены кластеры подстилок и минерального слоя почвы.

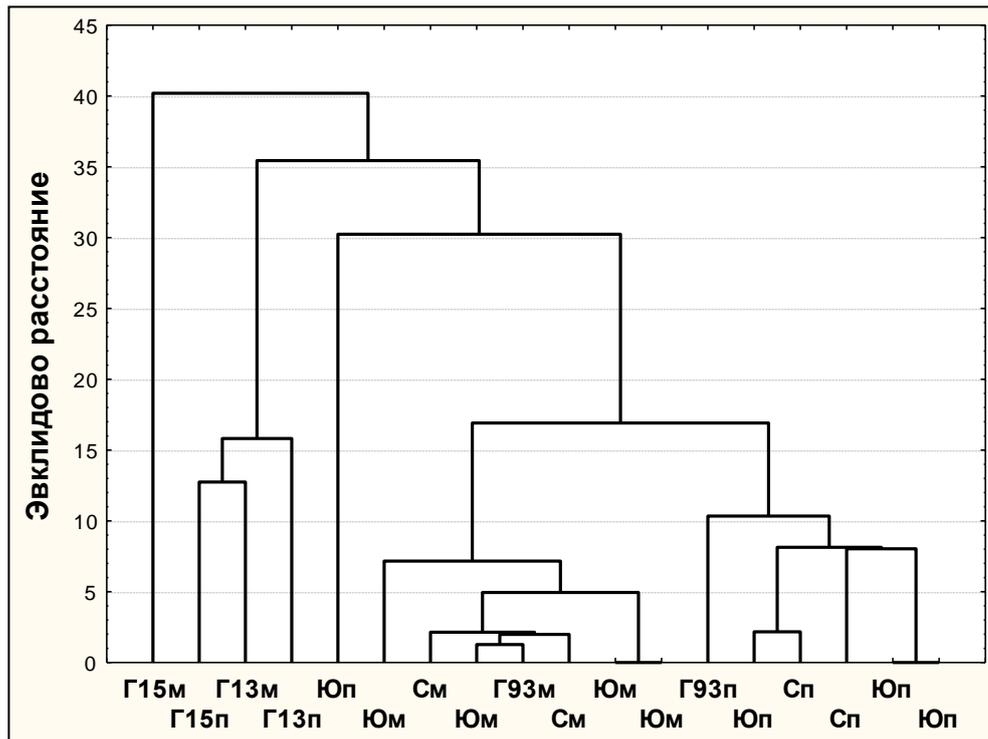


Рис. 2. Кластерный анализ исследуемых местообитаний:

Г – гарь; Ю – южный склон; С – северный склон; п – подстилка; м – минеральный слой 0–20 см

Проведенный анализ отражает большую значимость пирогенного фактора для почвенных биологических процессов. Различия в экологических условиях склонов разных экспозиций в меньшей степени отражаются на различиях в биологической активности исследованных местообитаний. Возможно, что на разных склонах биологические процессы контролируются разными факторами: если на южных склонах биологические процессы могут быть лимитированы высокими температурами на поверхности и пересыханием мохово-лишайниковой подушки, то на северных склонах лимитирующим фактором может быть высокая влажность и близкое залегание мерзлоты. Выделенные кластеры показы-

вают, что более значимым для биологической активности криогенных почв является их локализация в подстилках или минеральном слое почвы.

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования показали, что криогенные почвы под лиственничниками кустарничково-зеленомошными в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты характеризуются крайне низкой биологической активностью.

В первые годы после высокоинтенсивных пожаров выявлено стимулирующее влияние пирогенного фактора на ферментативную и целлюлозоразлагающую активность криогенных почв, что особенно проявляется в верхних пиро-

генно-трансформированных слоях. Анализ биологической активности криогенных почв в листовничниках северной тайги показал, что пирогенный фактор отличается более сильным влиянием на напряженность биологических процессов по сравнению с микроклиматическими условиями исследованных местообитаний.

### Литература

1. Мельников Е.С. Циркумарктическая карта многолетнемерзлых пород и грунтовых льдов (масштаб 1:10 000 000) // Криосфера Земли. – 1998. – Т. 2. – № 4. – С. 58–61.
2. Macadam A. Effects of prescribed fire on forest soils. B.C. Min. For. Research Report 89001-PR, Victoria, Australia. – 1989. – P. 135–150.
3. Краснощеков Ю.Н. Влияние контролируемого выжигания шелкопрядников на свойства дерново-подзолистых почв в Нижнем Приангарье // Лесоведение. – 2005. – № 2. – С. 16–24.
4. Loupian E.A., Flitman A.A., Ershov E.V. Satellite Monitoring of Forest Fires in Russia at Federal and Regional Levels Mazurov // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2006. – Vol. 11. – P. 113–145.
5. Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // Лесоведение. – 2013. – № 5. – С. 50–61.
6. Карелин Д.В., Замолодчиков Д.Г. Углеродный обмен в криогенных экосистемах. – М.: Наука, 2008. – 344 с.
7. Гантимунова Н.И. Микрофлора почв Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1970. – С. 149–170.
8. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
9. Прокушкин А.С., Кирдянов С.Г., Климченко А.В. и др. Динамика запасов углерода в северотаежных листовничниках // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – С. 156–159.
10. Безкоровайная И.Н., Тарасов П.А., Иванова Г.А. и др. Азотный фонд песчаных подзолов после контролируемых выжиганий сосняков Средней Сибири // Почвоведение. – 2007. – № 6. – С. 775–783.
11. Краснощеков Ю.Н., Сорокин Н.Д., Безкоровайная И.Н. и др. Генетические особенности почв северной тайги Приенисейской Сибири // Почвоведение. – 2001. – № 1. – С. 18–27.
12. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Биологическая активность почв городских территорий (на примере г. Ростов-на-Дону) // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 85. – С. 122–129.
13. Воронин А.А., Протасова Н.А., Беспалова Н.С. Динамика ферментативной активности чернозема обыкновенного в условиях полевого стационарного опыта федерального полигона «Каменная степь» // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж, 2006. – № 2. – С. 122–127.

### Literatura

1. Mel'nikov E.S. Cirkumarkticheskaja karta mnogoletnemerzlyh porod i gruntovyh l'dov (masshtab 1:10 000 000) // Kriosfera Zemli. – 1998. – Т. 2. – № 4. – С. 58–61.
2. Macadam A. Effects of prescribed fire on forest soils. B.C. Min. For. Research Report 89001-PR, Victoria, Australia. – 1989. – P. 135–150.
3. Krasnoshekov Ju.N. Vlijanie kontroliruemogo vyzhiganiya shelkoprjadnikov na svojstva dernovo-podzolistyh pochv v Nizhnem Priangar'e // Lesovedenie. – 2005. – № 2. – С. 16–24.
4. Loupian E.A., Flitman A.A., Ershov E.V. Satellite Monitoring of Forest Fires in Russia at Federal and Regional Levels Mazurov // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2006. – Vol. 11. – P. 113–145.
5. Shvidenko A.Z., Shhepashhenko D.G. Klimaticheskie izmeneniya i lesnye pozhary v Rossii // Lesovedenie. – 2013. – № 5. – С. 50–61.
6. Karelin D.V., Zamolodchikov D.G. Uglerodnyj obmen v kriogennyh jekosistemah. – М.: Nauka, 2008. – 344 с.

7. *Gantimurova N.I.* Mikroflora pochv Zapadnoj Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 1970. – S. 149–170.
8. *Haziev F.H.* Metody pochvennoj jenzimologii. – M.: Nauka, 2005. – 252 s.
9. *Prokushkin A.S., Kirdjanov S.G., Klimchenko A.V.* i dr. Dinamika zapasov ugleroda v severotaezhnyh listvenichnikah // Lesnye biogeocenozy boreal'noj zony: geografija, struktura, funkcii, dinamika. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014. – S. 156–159.
10. *Bezkorovajnaja I.N., Tarasov P.A., Ivanova G.A.* i dr. Azotnyj fond peschanyh podzolov posle kontroliruemyh vyzhiganij sosnjakov Srednej Sibiri // Pochvovedenie. – 2007. – № 6. – S. 775–783.
11. *Krasnoshhekov Ju.N., Sorokin N.D., Bezkorovajnaja I.N.* i dr. Geneticheskie osobennosti pochv severnoj tajgi Prienisejskoj Sibiri // Pochvovedenie. – 2001. – № 1. – S. 18–27.
12. *Gorbov S.N., Bezuglova O.S.* Biologicheskaja aktivnost' pochv gorodskih territorij (na primere g. Rostov-na-Donu) // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2013. – № 85. – S. 122–129.
13. *Voronin A.A., Protasova N.A., Bespalova N.S.* Dinamika fermentativnoj aktivnosti chernozema obyknovenogo v uslovijah polevogo stacionarnogo opyta federal'nogo poligona «Kamennaja step'» // Vestn. Voronezh. gos. un-ta. – Voronezh, 2006. – № 2. – S. 122–127.



УДК 630.114:574.4

Л.С. Шугалей

### РЕКРЕАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛЕСНЫЕ БИОГЕОЦЕНОЗЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ»

L.S. Shugaley

### RECREATIONAL IMPACT ON NATURAL FOREST-STEPPE AND SOUTHERN TAIGA BIOGEOCENOSIS OF CENTRAL SIBERIAN STATE NATURE RESERVE 'STTOLBY'

**Шугалей Л.С.** – д-р биол. наук, проф. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: soil-valentina@yandex.ru

**Shugaley L.S.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: soil-valentina@yandex.ru

*Проблема рекреационного использования лесов заключается в необходимости выделения лесных территорий для рекреации и разработки мероприятий по сохранению и повышению стабильности лесов. Цель исследования: дать эколого-биологическую оценку рекреационного воздействия на местные биogeоценозы государственного природного заповедника «Столбы». Исследования воздействия рекреации на лесные БГЦ проводятся на 4 пробных площадях туристско-рекреационной зоны. Пробные площадки включают тропы и прилегающие участки слева и справа от тропы. При проведении полевых и лабораторных исследований использовались общепринятые*

*методы. На пробных площадях была проведена морфотаксационная оценка древостоя измерительно-перечислительным методом. Подстильно-торфяной горизонт отбирался в пятикратной повторности при помощи квадратной рамки со стороной 20 см и интервалом 10 м. Фракционный и структурный состав органического горизонта подстилок определялся в лаборатории разделением колонкой сит 10, 5, 2 мм. Почвенные образцы отбирались на каждой пробной площадке в пятикратной повторности на глубинах 0–10, 10–20, 20–30 см. Структурный анализ почвы (сухое и мокрое просеивание) выполнялся по методу Саввинова, в пятикратной повторности.*