

© А.В. ХОМУТОВ<sup>1</sup>, О.В. ХИТУН<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт криосферы Земли СО РАН (Тюмень)

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург)  
akhomutov@gmail.com, khitun-olga@yandex.ru

УДК 581.524.34+551.345

**ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И ГЛУБИНЫ СЕЗОННОГО  
ПРОТАИВАНИЯ В ТИПИЧНОЙ ТУНДРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЯМАЛА  
ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ\***

**THE DYNAMICS OF VEGETATION COVER AND THE DEPTH  
OF SEASONAL THAWING IN THE TYPICAL TUNDRA OF CENTRAL  
YAMAL UNDER TECHNOGENIC IMPACT**

*АННОТАЦИЯ. В статье представлены результаты изучения динамики растительного покрова и глубины сезонного протаивания при техногенном воздействии в зоне распространения многолетнемерзлых пород, в частности, в подзоне типичных тундр. Продолжено изучение нарушений растительного покрова и глубины протаивания в результате проездов вездеходной техники на Центральном Ямале, начатое в 1991 г. в связи с активным освоением газовых месторождений и изысканиями под строительство железной дороги. В результате полевых наблюдений в 2012 г. проезды техники были объединены в три группы согласно степени нарушения: со слабым, средним и сильным воздействием. Проанализировано современное состояние ранее исследованных проездов, в настоящее время преимущественно не используемых. Отмечено хорошее зарастание старого коридора движения на всех участках и восстановление сообществ, близких исходным, или их замещение более гидрофильным типом. Современные колеи в зависимости от интенсивности воздействия преимущественно зарастают пионерными злаково-осоковыми группировками. Увеличение глубины протаивания в колеях проезда связано как с интенсивностью использования проезда, так и с замещением фонового растительного покрова с высоким видовым разнообразием и высокой долей кустарников и мхов преимущественно осоковыми сообществами.*

*SUMMARY. The article presents the results of the study of the dynamics of vegetation cover and the depth of seasonal thawing under technogenic impact in permafrost zone, particularly in the typical tundra subzone. The study of vegetation cover and depth of thawing disturbance after off-road vehicles movement at Central Yamal is continued. The study was started in 1991 due to active gas field development and location surveys for railway construction in this area. After 2012 field survey and measurements vehicle tracks were subdivided into 3 groups according to the degree of disturbance: with low, neutral and high technogenic impact. The current state of previously investigated vehicle*

---

\* Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект № 13-05-91001-АНФ\_а), а также гранта Президента Российской Федерации для ведущих научных школ НШ-3929.2014.5.

*tracks which are mainly not in use now is analyzed. Good recovery of old vehicle tracks is registered on all sites and the recovered communities are similar to the original ones or they are replaced by more hydrophilic type. Recent tracks are re-vegetating by grass-sedge pioneering groups depending on the intensity of the impact. The increase of thawing depth in the vehicle tracks is connected both with the intensity of impact and with the replacement of the typical vegetation cover with high species diversity and a high cover of shrubs and mosses by mainly sedge communities*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Растительный покров, глубина протаивания, техногенное воздействие, проезды техники.*

*KEY WORDS. Vegetation cover, depth of thawing, technogenic impact, vehicle tracks.*

В подзоне типичных тундр Центрального Ямала одним из основных техногенных факторов, дестабилизирующих тундровые ландшафты, является проезд вездеходной техники. Хотя в последнее десятилетие используется более щадящая растительный покров техника (в частности, вездеходы на шинах низкого давления) и проезд в летнее время ограничен, долгосрочное воздействие на растительный покров привело к его вполне очевидной трансформации в коридорах движения.

Слой сезонного протаивания — один из наиболее чувствительных компонентов криолитозоны, находящихся под влиянием изменений климата и ландшафта. Глубина протаивания определяется температурой воздуха, составом пород (она больше в грубодисперсных породах и меньше в мелкодисперсных), а также ландшафтными особенностями местности — рельефом, растительностью, субстратом [1]. Растительный покров изменяет отражательную способность подстилающей поверхности, поглощает солнечную энергию, испаряет влагу, турбулизует воздушный поток выше уровня развития биомассы, либо, наоборот, создает застой воздуха в ней. Увеличение толщины мохового покрова определяет наибольшее относительное сокращение глубины протаивания [2]. Соответственно, любое механическое воздействие на растительный покров отражается и на состоянии сезонноталого слоя. Нарушение вызывает уплотнение почвы, изменение ее температуры и влагосодержания, что влияет на процессы разложения и минерализации [3]. Антропогенной трансформации растительности после различных техногенных нарушений в районах Крайнего Севера посвящены многие работы [4-10]. Проанализирован флористический состав на различных нарушенных участках в Западносибирской Арктике и показаны виды, играющие важнейшую роль в естественном зарастании [11-13], выделены этапы восстановления растительности [5]; [14].

Антропогенные изменения глубины сезонного протаивания в основном связаны с антропогенными изменениями растительного покрова [6]; [8]; [15]. При изучении особенностей изменения растительного покрова и глубины протаивания в результате проездов гусеничной техники на Крайнем Севере выявлены факторы, влияющие на различия в характере зарастания [5]; [10]; [11], [13]. Показано, что на нарушенных участках глубина протаивания увеличивается по сравнению с незатронутыми участками [3], а в колеях вездеходов могут усиливаться эрозионные и термокарстовые процессы [16]; [17].

Наше исследование динамики растительного покрова и глубины сезонного протаивания на нарушенных в результате проездов вездеходной техники поверхностях проводилось на территории ключевого участка «Васькины Дачи»

на Центральном Ямале, в междуречье рек Сеяха и Мордыяха (рис. 1). Территория представляет собой холмисто-увалистую равнину с узкими водоразделами и длинными пологими склонами. Наибольшие высоты (до 58 м) приурочены к уплощенным вершинам останцов салехардской равнины. Поверхность интенсивно расчленена узкими долинами рек и малых водотоков, оврагами и балками. Большая часть территории — порядка 60% — представлена пологими склонами крутизной до 7°, склоны крутизной от 7° до 50° занимают около 10% площади, оставшиеся 30% приходятся на вершинные части увалов, поймы рек и днища озерных котловин [18].

В растительном покрове на водоразделах и их пологих склонах преобладают бугорковатые ерничково-кустарничково-осоково-моховые тундры, плоские слабодренированные или недренированные участки заняты плоско-полигональными тундрово-болотными комплексами, склоны депрессий покрыты ивняками из *Salix glauca*, *Salix lanata*, а выпуклые участки — бугорковатыми ерничковыми тундрами [19].



Рис. 1. Местоположение ключевого участка «Васькины Дачи»

В естественных условиях диапазон изменения глубины протаивания в разных ландшафтах составляет от 0,4 м на торфяниках до 1,5-2 м на сухих песчаных поверхностях, лишенных растительности, и вогнутых закустаренных склонах с *Salix glauca* и *Salix lanata*, где высота кустов достигает 2 м.

В 2012 г. полевые исследования включали визуальные наблюдения, описания растительного покрова и измерение глубины протаивания. При обработке по-

лученных данных использованы результаты предыдущих исследований [11]; [13]. Предпосылкой для возобновления изучения изменений растительного покрова и глубины протаивания служит тот факт, что определенное время после пика освоения в конце 80-х — начале 90-х гг. территория ключевого участка практически не подвергалась техногенному воздействию, и многие возникшие в те годы вездеходные колеи успели зарости. В настоящее время при активизированном с 2008 г. интенсивном движении вездеходной техники, работающей при строительстве и последующей начальной эксплуатации, прошедшей по территории ключевого участка железной дороги, наблюдаются нарушения растительного покрова и сезонноталого слоя в коридорах новых проездов, которые прокладываются как по местам старых нарушений, так и по не затронутым ранее поверхностям.

Изменения состояния сезонноталого слоя и видового разнообразия растительного покрова различны в зависимости от интенсивности движения вездеходной техники и от характера дестабилизируемой поверхности. На данном этапе исследования выделено три основных варианта состояния колеи, возникших с начала освоения территории (более 20 лет назад) до настоящего времени при проезде гусеничных или колесных вездеходов: со *слабым воздействием* (низкой интенсивностью движения, единичные проезды), *средним воздействием* (средней интенсивностью движения) и *сильным воздействием* (высокой интенсивностью движения).

На пологом склоне водораздела, занятом бугорковатой ерниково-кустарничково-осоково-моховой тундрой, в колеях со *слабым воздействием* уничтожены кустарники (*Betula nana*, *Salix glauca*, *Salix lanata*, рис. 2а) и кустарнички (*Salix polaris*, *Vaccinium vitis-idaea* и др.), продавлена верхняя часть сезонноталого слоя (рис. 2б). Глубина протаивания увеличена незначительно — на 1-3% по сравнению с фоном. На сырых участках в колеях отмечается высокая жизненность и большое обилие присутствующих в фоновых сообществах осок *Carex concolor* и *Carex bigelowii ssp. arctisibirica*, на дренированных участках увеличивается проективное покрытие злаков (*Calamagrostis holmii*, *Alopecurus alpinus* и др.). Это так называемые «зеленые колеи» (“green trails”) — явление, описанное в разных частях Арктики [9]; [10], обусловленное активным ростом, закладкой большего числа листьев и повышенным содержанием питательных веществ в тканях осок и злаков в колеях проезда [20]. Последнее, по-видимому, отражает изменения в режиме минерального питания и увлажнения, вызванные нарушением [3]; [17]. Это явление было особенно заметно в первые годы после нарушений. Через 20 лет в колеях, где было слабое нарушение, исходное сообщество восстановилось практически полностью.



а

б



Рис. 2. Уничтоженный кустарник в проезде на относительно дренированном склоне (а), продавленный растительный покров и сезоннотальй слой на дренированном водоразделе в результате единичного проезда тяжелого гусеничного вездехода (б), колея постоянного проезда вездеходов на склоне водораздела (в), обводненные колеи в результате частого проезда вездеходов через ложбину стока (г), фото 2012 г.

На колеях с увеличенной интенсивностью движения вездеходов (*среднее воздействие*) происходит механическое уничтожение мохово-лишайникового покрова вслед за кустарниками, фоновый растительный покров замещается осоками и частично злаками. Наблюдается увеличение глубины протаивания на 0,1-0,25 м по сравнению с фоном. Наибольшее увеличение глубины протаивания характерно для слабодренированных и переувлажненных поверхностей (до 20-30% по сравнению с фоном) из-за деградации мохового покрова, как правило, хорошо развитого на таких поверхностях.

В местах постоянного проезда вездеходов (*сильное воздействие*) образуются колеи разной глубины в зависимости от литологии пород и характера поверхности, происходит полное уничтожение растительного покрова, дернины, обнажение верхней части сезоннотального слоя (рис. 2в). Глубина протаивания увеличивается на 0,3 м и более из-за уничтожения растительной дернины с практически сплошным моховым покровом. В наиболее увлажненных местоположениях колеи сильно обводняются (рис. 2г), нередко способствуя тем самым развитию термокарста.

Обследование участков, где 20 лет назад сформировался коридор движения вездеходной техники (рис. 3), показало, что сообщества в них по видовому составу не отличаются от фоновых и также имеют общее проективное покрытие (ОПП) 100%. В верхних частях пологих склонов увалов и на вершинах в зональных ерниково-ивово-злаково-моховых тундровых сообществах повышено участие граминоидов (20-25% против около 15%), меньше покрытие *Betula nana* (30% против 40%), отросшей после сильного механического повреждения, немного меньше сомкнутость мохового покрова (70% против 80%, рис. 4). При этом сохраняется доминирующая роль *Hylocomium splendens* и *Dicranum* sp., но отмечается хорошая жизненность и немного большее обилие на них *Polytrichum alpinum* (около 10% против 5-6%) и *Sanionia uncialis* (10% против 7-8%), а также встречены в единичном обилии мхи, более обычные на нарушенных участках (*Pohlia nutans*, *Bryum* sp., *Psilopilum laevigatum*). Немного меньше обилие лишайников, но оно и в фоновых условиях мало, поскольку лишайники сильно выбиты из-за перевыпаса. Это, по-видимому, и объясняет расхождение с отмечаемым на Аляске резким сокращением покрытия лишай-

ников на примерно такого же возраста заброшенных зимниках [9]. В современных колеях ОПП составляет 30-40% за счет граминоидов, пионерные мхи занимают лишь около 1-2%.

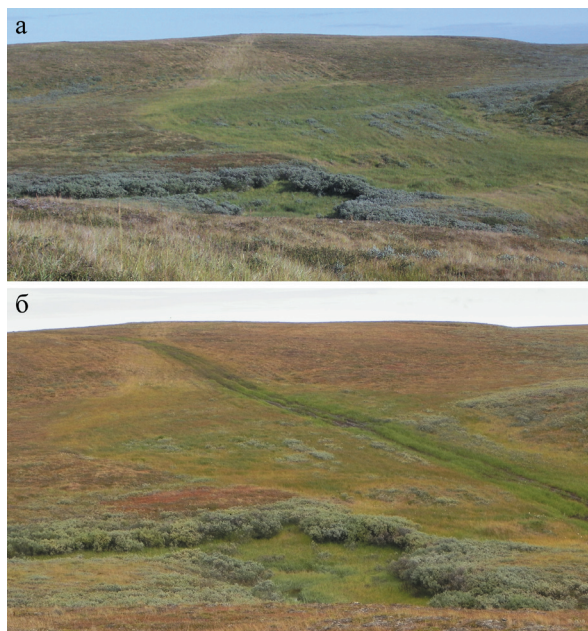


Рис. 3. Коридор массового проезда вездеходной техники, практически не использующийся по состоянию на 2006 г. (а) и частично использующийся более интенсивно, начиная с 2008 г., по состоянию на 2012 г. (б)

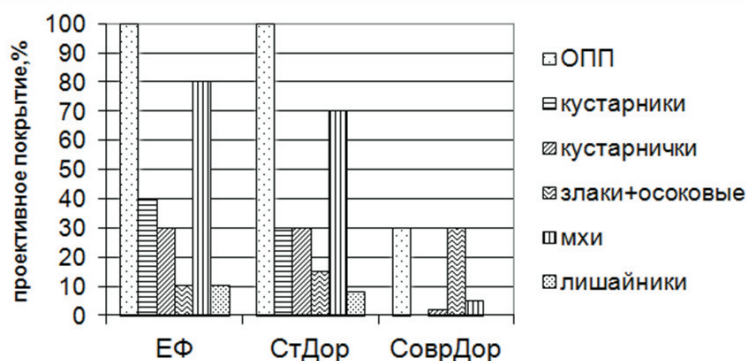


Рис. 4. Проективное покрытие различных групп растений в зональной ерничково-ивково-злаково-моховой тундре и проходящих в ней старых и новых колеях

*ЕФ* — ненарушенная тундра, *СтДор* — старая, не используемая более 20 лет, дорога, *СоврДор* — изредка используемая в настоящее время дорога.

На менее дренированных участках на шлейфах склонов в долину малой реки, где естественный фон представлен ерничково-ивово-осоково-моховым заболоченным сообществом, изменения в составе различных групп жизненных форм сильнее, но общее проективное покрытие также восстановилось полностью

(до 100%). Стало заметно меньше кустарников (10% против 40% на ненарушенном участке), а участие граминоидов, преимущественно осок (*Carex concolor*), увеличилось почти в 3 раза (рис. 5). Глубина протаивания на восстановившейся поверхности не отличается от фоновых значений, кроме участков развития термокарста и затухающей термоэрозии. Не очень частое современное использование практически не оказало влияния на глубину протаивания.

Наиболее ранимы, как отмечалось и ранее [11], склоновые и долинные участки с кустарником. Такой фрагмент описан на берегу реки Панзананаяхи, где в месте переправы полностью уничтожен весь растительный покров, в том числе ивняк (*Salix lanata*, *Salix glauca*), термокарст активизировался не только в русле реки, а на выдавленном колеями грунте (т.е. по обочинам колей) фрагментарно развиваются куртины злаков (*Calamagrostis lapponica*, *Poa alpigena* ssp. *colpodea*, *Alopecurus alpinus* с примесью разнотравья *Cerastium jenisejense*, *Tanacetum bipinnatum*, *Taraxacum ceratophorum*, *Rumex arctica*), причем все растения отличаются очень хорошей жизненностью, а злаки достигают 0,7 м в высоту! Таких участков не более 20% от площади всего сильно нарушенного участка, но в них ОПП достигает 50-70%. Участок, где 20 лет назад находился коридор движения, в настоящее время характеризуется очень сильной обводненностью, в нем изменился характер увлажнения и развилось осоково-пушицевое болото, высокий ивняк не восстановился, отмечены лишь единичные низкие кусты ивы. В месте переправы через русло развивается термокарстовая просадка.

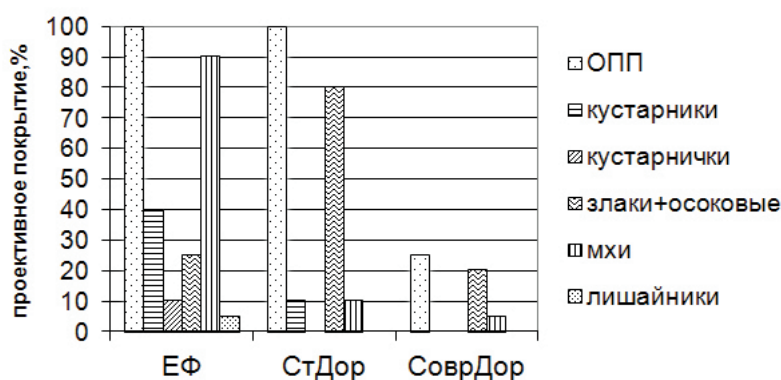


Рис. 5. Проективное покрытие различных групп растений в слабодренированном ерничково-ивово-осоково-моховом сообществе на шлейфе склона долины малой реки и проходящих в нем старых и новых колеях (обозначения, как на рис. 4)

На более дренированном участке склона долины с моховым ивняком отмечено достаточно активное возобновление ивы (*Salix lanata*, *Salix glauca*) в межколеяных повышениях, там же разрастается морошка (*Rubus chamaemorus*) и обилён *Polytrichum alpinum*, хотя доминирует *Hylocomium splendens*, как и в фоновом сообществе (рис. 6). В самих колеях зарастание происходит за счет *Carex concolor*, *Polemonium acutiflorum*, *Poa arctica*, *Hylocomium splendens*. В отличие от других поверхностей, глубина протаивания на этом участке в колеях уменьшилась по сравнению с фоновыми значениями с 0,85-0,9 и 1,04-1,2 м

до 0,81-0,84 и 0,97-1,0 м (в среднем на 5 и 11%) в разреженном и густом ивняке соответственно. В первом случае на незначительное снижение глубины протаивания повлияло активное восстановление мохового покрова наряду с разрастанием морошки, а во втором случае более значительное снижение глубины протаивания связано с невысокой (по сравнению с другими видами) скоростью восстановления кустарников и, соответственно, сниженным снегозадержанием.

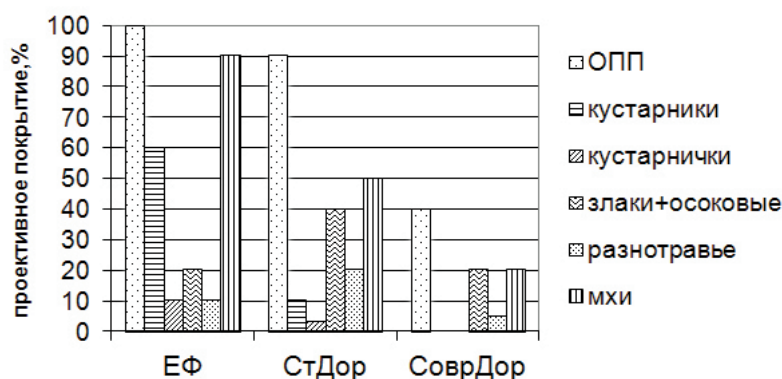


Рис. 6. Проективное покрытие различных групп растений в ивняке хилокомиевом на крутом склоне долины малой реки и проходящих по нему колеях (обозначения как на рис. 4).

Таким образом, отмечено довольно хорошее зарастание старого коридора движения на всех участках и восстановление сообществ, близких исходным, или их замещение более гидрофильным типом. Хуже всего идет восстановление кустарничков и лишайников. В отличие от результатов в более южной подзоне на Аляске [9], где в кустарниковой тундре на увалах старые следы маркируются ерником, на Ямале восстановление кустарников происходит более медленно, за счет ивы сизой, а покрытие березки в старых, полностью восстановившихся, колеях ниже фонового. В современных колеях в зависимости от интенсивности воздействия процессы зарастания находятся преимущественно в инициальной стадии злаково-осоковых группировок. Список видов сосудистых растений, отмеченных в свежих колеях и в старом коридоре движения, в 2012 г. практически тот же (около 60 видов), что и в 1991 г. [11]. Изменение глубины протаивания, в основном в сторону увеличения, в местах проезда вездеходной техники связано как с интенсивностью использования проезда, так и с замещением фонового растительного покрова с высокой долей кустарников и мхов и обладающего высоким видовым разнообразием преимущественно осоковыми сообществами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов Э.Д. Общая геоэкология: Учебник. М.: Недра, 1990. 559 с.
2. Осадчая Г.Г. Теплоизолирующее воздействие моховых покровов на температуру пород деятельного слоя // Криосфера Земли. 2000. Т. IV. №2. С. 24-30.
3. Chapin, S.F., Shaver, G.R. Changes in soil properties and vegetation following disturbance of Alaskan Arctic tundra // J.Appl.Ecol. 1981. V. 18. № 2. Pp. 605-617.
4. Андреев В.Н. Изучения антропогенных воздействий на растительность Арктики и Субарктики // Изучение биогеоценозов тундры и лесотундры. Л.: Наука, 1972. С. 43-49.



5. Андрешкина Н.И. Состав растительных сообществ естественных и техногенно нарушенных экотопов на водоразделах Ямала: флористическое разнообразие // Экология. 2012. № 1. С. 22-26.
6. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции / Под ред. Н.Г. Москаленко. М.: ИКЗ СО РАН, 2006. 357 с.
7. Ишбирдин А.Р., Хусаинов А.Ф., Миркин Б.М. Техногенная сукцессионная система растительности месторождения «Медвежье» и управление восстановительными процессами // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Вып. 1. 1999. С. 40-48.
8. Москаленко Н.Г. Изменение температуры пород и растительности под влиянием меняющегося климата и техногенеза в Надымском районе Западной Сибири // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. № 4. С. 18-23.
9. Kemper, J.T., Macdonald, S.E. Directional change in upland tundra plant communities 20-30 years after seismic exploration in the Canadian Low-Arctic // J. of Veget. Sci. 2009. V. 20. Pp. 557-567.
10. Jorgenson, J.C., Ver Hoef, J.M., Jorgenson, M.T. Long-term recovery patterns of arctic tundra after winter seismic exploration // Ecological Applications. 2010. V. 20. Pp. 205-221.
11. Ребрстая О.В., Хитун О.В., Чернядьева И.В. Техногенные нарушения и естественное восстановление растительности в подзоне северных гипоарктических тундр полуострова Ямал // Ботанический журнал. 1993. Т. 78. № 3. С. 122-135.
12. Творогов В.А. Естественное зарастание нарушенных участков тундры в районе Ямбургского газоконденсатного месторождения (полуостров Тазовский) // Ботанический журнал. 1988. Т. 73. № 11. С. 1577-1583.
13. Khitun, O.V. Self-recovery after technogenic and natural disturbances in the central part of the Yamal peninsula (Western Siberian Arctic) / In: Crawford, R.M.M. (ed.). Disturbance and recovery in Arctic lands: an ecological perspective. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1997. Pp. 531-562.
14. Проскуракова О.Б. Закономерности восстановления продуцентов нарушенных экосистем Севера Западной Сибири: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Тюмень: ТюмГУ, 2002. 20 с.
15. Скорбилин Н.А. Временная изменчивость мощности деятельного слоя почвогрунтов Западной Сибири: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Тюмень: Изд-во СО РАН, 1992. 22 с.
16. Невечера В.Л., Москаленко Н.Г., Тагунова Л.Н. О возможности прогноза изменения инженерно-геокриологических условий в зависимости от характера развития природно-территориальных комплексов при строительстве на севере Западной Сибири // Методы геокриологических исследований. Вып. 98. М.: ВСЕГИНГЕО, 1975. С. 16-34.
17. Rikard, W.E., Brown, J. Effects of vehicles on arctic tundra // Environmental Conservation. 1974. № 1. Pp. 55-62.
18. Лейбман М.О., Кизяков А.И. Криогенные оползни Ямала и Югорского полуострова. М., 2007. 206 с.
19. Ребрстая О.В., Хитун О.В., Чернядьева И.В., Лейбман М.О. Динамика растительности на криогенных оползнях в центральной части полуострова Ямал // Ботанический журнал. 1995. Т. 80. № 4. С. 31-48.
20. Emers, M., Jorgenson, J.C., Reynolds, M.K. Response of Arctic plant communities to winter vehicle disturbance // Can. J. of Botany. 1995. V. 73. Pp. 905-919.

## REFERENCES

1. Ershov, E.D. *Obshchaia geokriologiya: Ucheb. dlia vuzov* [Overall Geocryology: textbook for universities] Moscow, 1990. 559 p. (in Russian).

2. Osadchaia, G.G. Thermal insulating effect of moss cover on the temperature of the rock active layer. 2000. *Kriosfera Zemli — Earth's Cryosphere*. V. 4. № 2. Pp. 24-30. (in Russian).
3. Chapin, S.F., Shaver, G.R. Changes in soil properties and vegetation following disturbance of Alaskan Arctic tundra. *J. Appl. Ecol.* 1981. V. 18. № 2. Pp. 605-617.
4. Andreev, V.N. Study of anthropogenic impacts on vegetation in the Arctic and Subarctic // *Izuchenie biogeotsenozov tundry i lesotundry* [Biogeocenosis study of tundra and forest tundra]. Leningrad, 1972. Pp. 43-49. (in Russian).
5. Andreiashkina, N.I. Composition of plant communities of natural and technogenic disturbed ecotopes on the watersheds of Yamal: floristic diversity. *Ekologiya — Ecology*. 2012. № 1. Pp. 22-26. (in Russian).
6. *Antropogennye izmeneniia ekosistem Zapadno-Sibirskoi gazonosnoi provintsii* [Anthropogenic changes in ecosystems of the West Siberian gas-bearing province] / Ed by. N.G. Moskalenko. Moscow, 2006. 357 p. (in Russian).
7. Ishbirdin, A.R., Khusainov, A.F., Mirkin, B.M. Technogenic syngenetic vegetation system of Medvezhye oil field and the reduction processes management. *Biulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody — Bulletin of Moscow Society of Naturalists*. 1999. № 1. Pp. 40-48. (in Russian)
8. Moskalenko, N.G. Changes of the temperature of rocks and vegetation under the influence of a changing climate and technogenesis of Nadym region in Western Siberia. *Kriosfera Zemli — Earth's Cryosphere*. 2009. V. 13. № 4. Pp. 18-23. (in Russian).
9. Kemper, J.T., Macdonald, S.E. Directional change in upland tundra plant communities 20-30 years after seismic exploration in the Canadian Low-Arctic. *J. of Veget. Sci.* 2009. V. 20. Pp. 557-567.
10. Jorgenson, J.C., Ver Hoef, J.M., Jorgenson, M.T. Long-term recovery patterns of arctic tundra after winter seismic exploration. *Ecological Applications*. 2010. V. 20. Pp. 205-221.
11. Rebristaia, O.V., Khitun, O.V., Cherniad'eva, I.V. Technogenic violations and natural regeneration of vegetation in the northern subzone of hypoarctic tundra of the Yamal peninsula. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*. 1993. V. 78. № 3. Pp. 122-135. (in Russian)
12. Tvorogov, V.A. Natural re-vegetating of the disturbed tundra areas near Yamburgskoye condensate field (the Tazovsky peninsula). *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*. 1988. V. 73. № 11. Pp. 1577-1583. (in Russian).
13. Khitun, O.V. Self-recovery after technogenic and natural disturbances in the central part of the Yamal peninsula (Western Siberian Arctic) / In: Crawford, R.M.M. (ed.). *Disturbance and recovery in Arctic lands: an ecological perspective*. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1997. Pp. 531-562.
14. Proskuriakova, O.B. *Zakonomernosti vosstanovleniia produtsentov narushennykh ekosistem Severa Zapadnoi Sibiri* (Avtoref. diss. kand.) [Regularities of restoration of damaged ecosystems producers in the North of Western Siberia (Cand. Diss. thesis). Tyumen, 2002. 20 p. (in Russian).
15. Skorbilin, N.A. *Vremennaia izmenchivost' moshchnosti deiatel'nogo sloia pochvoogruntov Zapadnoi Sibiri* (Avtoref. diss. kand.) [Temporal variability of soil active layer thickness of Western Siberia (Cand. Diss. thesis). Tyumen, 1992. 22 p. (in Russian).
16. Nevecheria, V.L., Moskalenko, N.G., Tagunova, L.N. The possibility of forecasting the changes in engineering permafrost conditions, depending on the nature of the development of natural-territorial complexes under construction in the north of Western Siberia // *Metody geokriologicheskikh issledovaniy. Vyp. 98* [Permafrost Research Methods. Vol. 98]. Moscow, 1975. Pp. 16-34. (in Russian).
17. Rikard, W.E., Brown, J. Effects of vehicles on arctic tundra. *Environmental Conservation*. 1974. № 1. Pp. 55-62.
18. Leibman, M.O., Kiziakov, A.I. *Kriogennnye opolzni lamala i lugorskogo poluostrova* [Cryogenic landslides in the Yamal Peninsula and Yugra]. Moscow, 2007. 206 p. (in Russian).

19. Rebristaia, O.V., Khitun, O.V., Cherniad'eva, I.V., Leibman, M.O. Vegetation dynamics on cryogenic landslides in the central part of the Yamal Peninsula. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*. 1995. V. 80. № 4. Pp. 31-48. (in Russian).

20. Emers, M., Jorgenson, J.C., Reynolds, M.K. Response of Arctic plant communities to winter vehicle disturbance. *Can. J. of Botany*. 1995. V. 73. Pp. 905-919.

#### Авторы публикации

**Хомутов Артем Валерьевич** — старший научный сотрудник Института криосферы Земли Сибирского отделения Российской Академии наук (Тюмень), кандидат геолого-минералогических наук

**Хитун Ольга Всеволодовна** — научный сотрудник Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской Академии наук (Санкт-Петербург), кандидат биологических наук

#### Authors of the publication

**Artem V. Khomutov** — Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Researcher, Earth Cryosphere Institute, Russian Academy of Sciences (Siberian Branch), Tyumen

**Olga V. Khitun** — Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences (Saint-Petersburg)