

## БУГРЫ ПУЧЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЛАНДШАФТАХ БАССЕЙНА РЕКИ НАДЫМ

Н.М. Бердников

*Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия; nikolaj-berdnikov@yandex.ru*

Морфология бугров пучения и их криогенное строение изучались в северной тайге Западной Сибири при помощи бурения скважин на глубину 10 м и нивелировок поверхности. Выявлены значительные морфологические и криолитологические различия между буграми, расположенными в разных ландшафтах. Установлены различия во влажности грунтов, слагающих бугры на III озерно-аллювиальной равнине и в тыловой части поймы р. Хейгияха. Для бугров рассчитано отношение поперечника к высоте. Показано влияние степени увлажнения и структуры природно-территориального комплекса на влажность мерзлого грунта и выпуклость бугров. Рассмотрены особенности проявления процессов пучения в настоящее время и их геоморфологический эффект.

*Бугор пучения, термоостанец, ландшафт, торфяники, криогенное строение*

## FROST MOUNDS IN DIFFERENT LANDSCAPES OF THE NADYM RIVER BASIN

N.M. Berdnikov

*Earth Cryosphere Institute, SB RAS, 625000, Tyumen, P/O box 1230, Russia; nikolaj-berdnikov@yandex.ru*

The morphology of frost mounds and their cryogenic structure have been studied in northern taiga of West Siberia by means of drilling of boreholes to the depth of 10 m and surface levellings. Significant distinctions in morphological and cryolithological features of mounds in different landscapes have been revealed. Distinctions in moisture of mound grounds in III fluvial-lacustrine plain and in the rear part of the Kheigiyakha river floodplain have been established. A diameter to height relation has been calculated for frost mounds. The influence of moistening degree and structure of natural-territorial complex upon the moisture of frozen ground and mounds convexity has been demonstrated. Features of occurrence of contemporary cryogenic heave processes and their geomorphological effect have been examined.

*Frost mound, thermomound, landscape, peatlands, cryogenic structure*

## ВВЕДЕНИЕ

В северотаежной подзоне Западной Сибири чрезвычайно широко распространены бугры пучения и бугристые торфяники. С различных позиций бугры и бугристые торфяники изучались многими исследователями. В работах отечественных ученых [Пьявченко, 1949, 1955; Попов, 1967] были заложены основы современных представлений об объекте исследования. Впоследствии была дана разносторонняя характеристика криогенного строения, морфологии и генезиса бугров и бугристых торфяников [Константинова, 1963; Белопухова, 1972; Шполянская, Евсеев, 1972; Евсеев, 1976; Васильчук, 1978; Кашперюк, 1988]. Рядом исследователей проводился и продолжает проводиться многолетний мониторинг криогенного пучения [Невечера, 1980; Москаленко, Пономарева, 2004; Оберман, 2011]. Бугристые торфяники изучались также с ландшафтно-индикационных позиций [Вейсман, 1978], рассматривался физический механизм роста бугров [Марахтанов, 1999]. Подробно анализировалась взаимосвязь роста бугристых торфяников с динамикой растительного покрова

[Тыртиков, 1979]. Однако по ряду вопросов, связанных с механизмом образования и генезисом бугров, имеет место противоречивость взглядов. А.И. Попов считал, что высота миграционного бугра пучения соответствует суммарной мощности сегрегационного льда в горизонте активного криолитогенеза. Позднее Ю.К. Васильчуком было отмечено, что в большинстве случаев высота бугра отличается от суммарной мощности прослоев сегрегационного льда, либо ледяное ядро залегает на глубине более 10–12 м.

Эти и другие противоречия делают изучение происхождения бугров и бугристых торфяников по-прежнему актуальным.

## ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ

В течение полевых сезонов 2008–2011 гг. мы изучали бугры пучения и предпосылки для их возникновения в ландшафтах поймы р. Хейгияха (тыловая часть поймы), II надпойменной террасы р. Надым и III озерно-аллювиальной равнины.

Ландшафт II надпойменной террасы р. Надым представлен приречным типом местности. Его сильная дренированность и преимущественно песчаный состав отложений обусловили слабую заболоченность и слабое развитие торфяных отложений. Сильно развита лесная растительность. Бугры пучения в данном природно-территориальном комплексе не наблюдались.

Ландшафт III озерно-аллювиальной равнины плоский и пологоувалистый, часто заболоченный. На изучаемой территории он представлен озерно-болотным типом местности. С поверхности развиты торфяные отложения мощностью до 1,5 м. Под ними залегают озерно-аллювиальные отложения, в которых чередуются слои суглинков, супесей и песков. К последним приурочен водонасыщенный горизонт. Кроме того, на глубине от первых метров до 10–15 м залегает кровля слоя потенциально пучинистых суглинистых отложений. Такая геологическая ситуация при промерзании обеспечила широкое распространение бугров пучения.

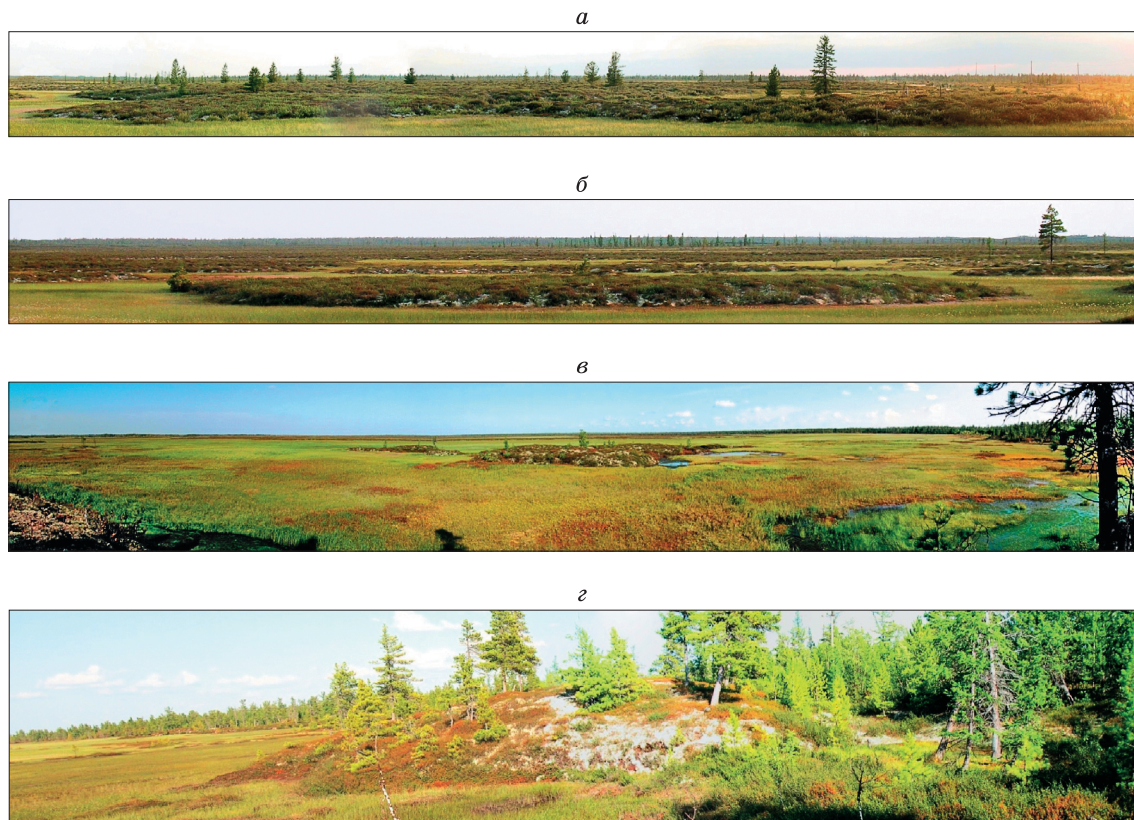
Пойма р. Хейгияха плоская, сильно заболоченная. В тыловой части поймы развиты отложения старичной фации, современные болотные отложения. С поверхности залегает торфяной гори-

зонт мощностью до 6 м. Под ним залегают прослой супеси, суглинка, реже песка.

### МОРФОЛОГИЯ БУГРОВ И БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ

**III озерно-аллювиальная равнина.** В ландшафте III озерно-аллювиальной равнины бугры и бугристые торфяники занимают наибольшую площадь (более 70 %), имеют сросшиеся основания или разделены относительно неширокими участками болот (рис. 1, *а*). Преобладают бугры со сравнительно небольшой выпуклостью (отношение поперечника к высоте бугра у наиболее выпуклых из изученных бугров составляет от 19 до 42) и плоские торфяники. В озерно-болотном типе местности доминирует урочище плоского торфяника (см. рис. 1, *б*).

**Тыловая часть поймы р. Хейгияха.** В тыловой части поймы р. Хейгияха преобладают урочища болот (более 90 % территории). Бугры в тыловой части поймы единичны и отстоят друг от друга на значительные расстояния (см. рис. 1, *в*). Этим буграм свойственна большая выпуклость (отношение поперечника к высоте бугра составляет от 9 до 14). В тыловой части поймы р. Хейгияха са-



**Рис. 1. Бугры пучения и бугристые торфяники на исследуемых участках.**

*а* – бугор на III озерно-аллювиальной равнине; *б* – плоский торфяник на III озерно-аллювиальной равнине; *в* – бугор в тыловой части поймы р. Хейгияха; *г* – выпуклобугристый торфяник в тыловой части поймы р. Хейгияха.



мым распространенным урочищем, представленным буграми, является выпуклобугристый торфяник (см. рис. 1, з).

Большинство бугров на исследованном участке III озерно-аллювиальной равнины имеет несколько меньшую высоту и значительно больший диаметр основания, чем у бугров в тыловой части поймы. Большая высота бугров в тыловой части поймы связана со значительными запасами влаги для пучения. Обширные участки болот в тыловой части поймы можно рассматривать как один из факторов, увеличивающих высоту бугра. Как отмечает Ю.К. Васильчук, “большая часть льда в льдонасыщенном ядре миграционных бугров пучения формируется за счет внутригрунтовой влаги окружающей территории. Размер бугра в определенной степени зависит от ширины зоны, откуда эта влага поступает” [2008, с. 168]. В то же время чрезмерная разуплотненность пучинистого грунта во время промерзания приводит к неполному использованию влагозапасов водоносного горизонта.

В обнажении бугра пучения на III озерно-аллювиальной равнине, срезанного при прокладке дороги, наблюдается суглинистая псевдоморфоза (рис. 2). Вмещающий ее грунт, являющийся основным грунтом, слагающим бугор в верхней части разреза, представлен песком. Нельзя исключить, что находящиеся в грунтах псевдоморфозы, образующие полигональную сетку, могли создавать места с преимущественными условиями для образования форм криогенного пучения и способствовать тем самым срастанию оснований бугров на III озерно-аллювиальной равнине. Соответственно, у бугров на III озерно-аллювиальной равнине наблюдается больший диаметр основания, чем у бугров в тыловой части поймы.

### КРИОЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БУГРОВ И БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ

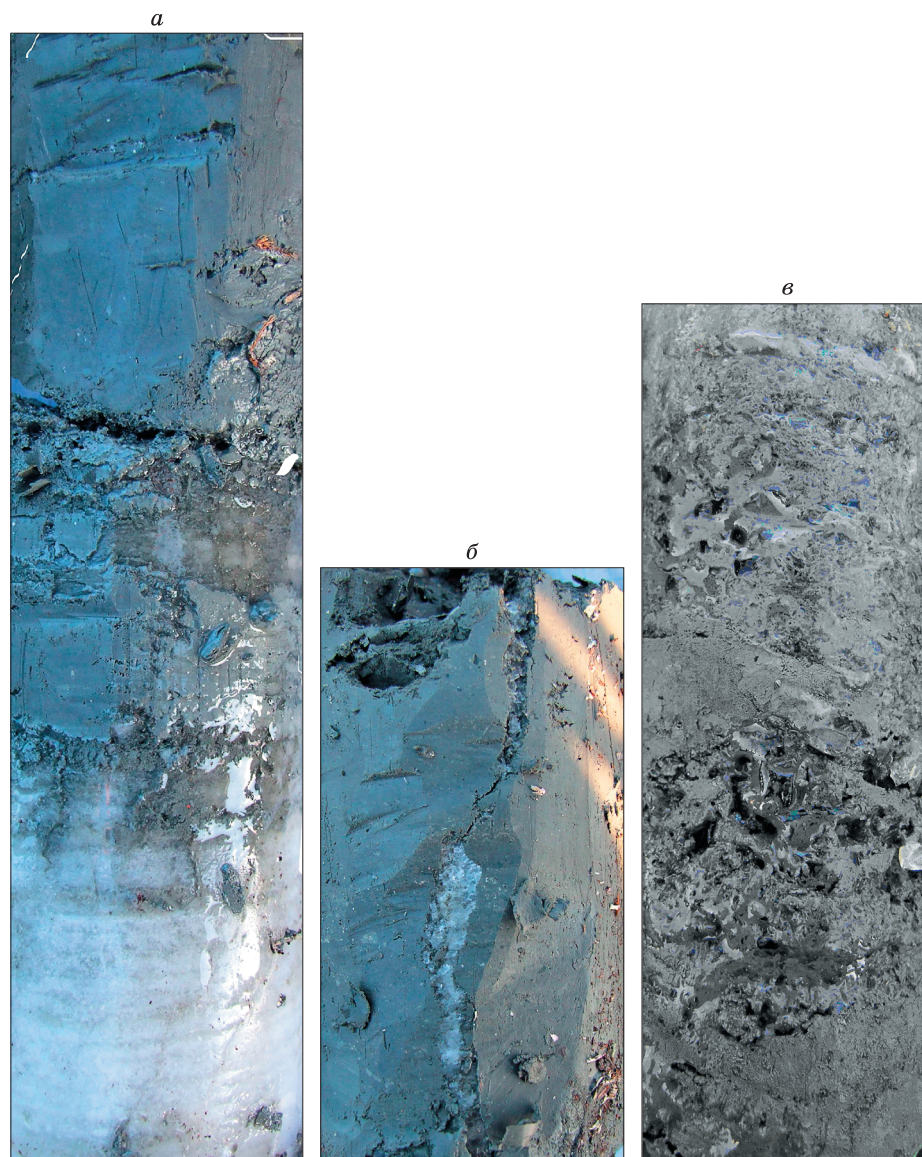
**III озерно-аллювиальная равнина.** Буровая скважина глубиной 10,2 м, заложенная на вершине бугра, вскрыла торфяной горизонт мощностью 0,48 м. Далее до глубины 0,9 м залегает супесь. В интервале 0,9–1,05 м расположен прослой песка. Следующий горизонт сложен супесью и залегает до глубины 1,57 м. Криогенная текстура в верхней части разреза чаще массивная, местами микрошлировая. Далее до глубины 7,2 м залегает массивно-мерзлый песок. Нижний горизонт (7,2–10,2 м) представлен льдистым суглинком. Для него характерна сетчато-слоистая криогенная текстура с толстыми горизонтальными (рис. 3, а) и тонкими вертикальными шлирами льда (см. рис. 3, б). Объемная льдистость за счет ледяных включений в данном горизонте составляет 35 %. Суммарная мощность включений льда во вскры-



**Рис. 2. Суглинистая псевдоморфоза в разрезе бугра, расположенного на III озерно-аллювиальной равнине.**

той части суглинка составила 1,1 м. Изученный бугор имеет довольно большую высоту (6,6 м), что наблюдается на исследованных участках III озерно-аллювиальной равнины скорее как исключение.

Согласно классической точке зрения [Попов, 1967], высота бугра пучения определяется суммарной мощностью шлиров сегрегационного льда в горизонте активного криолитогенеза (как правило, до глубины 8–13 м). Ю.К. Васильчук отмечает, что наиболее характерно преобладание высоты бугра над суммарной мощностью ледяных включений (разница может достигать 4–6 м). Исследователь объясняет это комплексом объективных причин. Кроме того, “в целом ряде бугров глубина залегания ледяного ядра превышает 12–15 м” [Васильчук, 1983, с. 102]. Следовательно, имеются основания предполагать залегание льдистого ядра на глубине более 10 м. Если допустить, что льдистость суглинка за счет ледяных включений не изменяется по глубине, то подошва льдистого горизонта, сформировавшего бугор высотой 6,6 м, должна находиться примерно на глубине 25 м. Посредством криогенного пучения миграция влаги в горизонте до глубины 20–30 м может проявляться в рельефе поверхности [Баду, 2010]. Таким образом, оптимальные условия для миграционного льдонакопления наблюдаются в слое годовых колебаний температуры. Однако изредка десятилетние низкотемпературные волны могут созда-



**Рис. 3. Криогенная текстура суглинка, слагающего бугор на III озерно-аллювиальной равнине (а, б) и в тыловой части поймы р. Хейгияха (в).**

*а* – толстые горизонтальные шлиры льда; *б* – тонкие вертикальные шлиры льда; *в* – наиболее типичная криогенная текстура суглинка, слагающего бугор. Фото А. Гравис.

вать условия для образования льдистых ядер бугров пучения на глубинах более 9–13 м. О большей глубине залегания льдистого ядра свидетельствует также значительный (более 150 м) диаметр основания изученного бугра.

Несмотря на несоответствие высоты бугра и измеренной суммарной мощности ледяных включений, наблюдается сравнительно высокая объемная льдистость за счет ледяных включений (35 %) во вскрытой части суглинистого горизонта, что свидетельствует о пучении. Многие факты говорят в пользу того, что изученная форма рельефа

является бугром пучения. Однако на данном этапе исследования нельзя полностью исключить, что она представляет собой морфологически сходный с бугром термоостанец. Под термоостанцами понимаются останцовые бугры, представляющие собой холмы термокарстового происхождения, возвышающиеся над окружающей поверхностью, сниженной в результате вытаявания подземных льдов [Тимофеев, 1983].

**Тыловая часть поймы р. Хейгияха.** Буровая скважина глубиной 10,2 м, заложенная на выпуклобугристом торфянике высотой 3,1 м, вскрыла



мощный торфяной горизонт, который залегал с поверхности до глубины 6,4 м. Этому горизонту свойственна высокая весовая влажность грунта (135 %). Здесь практически отсутствуют выраженные миграционные прослои льда, т. е. замерзала главным образом свободная вода сильно обводненного торфа. Под торфом с глубины 6,4 м залегает горизонт сильнольдистого суглинка в виде ледогрунта (см. рис. 3, в). Обезвоженные грунтовые прослои встречаются лишь эпизодически. В суглинке сравнительно редки четкие миграционные прослои, так как в промерзавшем тонкодисперсном грунте миграция влаги подавлялась высоким водонасыщением скелета грунта. Во вскрытой части суглинистого горизонта суммарная мощность выраженных миграционных прослоев составила более 40 см. Ледяные включения в большей части разреза представлены мелкими зернами льда. Часто зерна льда сконцентрированы в небольших диапазонах глубин (см. рис. 3, в), что отражает подавленный характер сегрегации прослоев льда. В связи с этим подсчет мощности ледяных включений в большей части разреза затруднен.

#### ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ПУЧЕНИЯ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

За последние годы обнаружены проявления современного криогенного пучения. Новообразующиеся многолетнемерзлые породы отмечены в ландшафте III озерно-аллювиальной равнины. Они расположены под бугорками, небольшими грядами, которые ежегодно растут. Появляются также новые приподнятые участки с отмирающей болотной растительностью, которые примыкают к более старым бугристым торфяникам, тем самым площадь старых бугристых торфяников увеличивается.

В тыловой части поймы молодые формы пучения на поверхностях, прилегающих к буграм, не наблюдались. Зарождению начальных форм пучения в тыловой части поймы препятствует исключительно высокое водонасыщение растительного покрова и верхних слоев торфа.

#### ВЫВОДЫ

1. Установлены значительные морфологические и криолитологические различия между буграми, расположенными в ландшафтах III озерно-аллювиальной равнины и в тыловой части поймы р. Хейгияха. Бугры на равнине имеют сравнительно небольшую выпуклость. Доминирует плоский торфяник. Наиболее выпуклые формы рельефа чаще представлены крупнобугристыми торфяниками и площадями пучения (отношение поперечника к высоте бугра у наиболее выпуклых из изученных бугров составляет от 19 до 42). Бугры пучения

в тыловой части поймы р. Хейгияха более выпуклые (отношение поперечника к высоте бугра составляет от 9 до 14) и относятся к выпуклобугристым торфяникам.

2. Выявлено, что бугры и бугристые торфяники на III озерно-аллювиальной равнине занимают более 70 % территории и разделены неширокими участками болот, а в тыловой части поймы более 90 % территории занято болотами. Соответственно, бугры пучения, расположенные на пойме, представляют собой обособленные друг от друга формы рельефа.

3. Установлено, что грунты, слагающие бугры на III озерно-аллювиальной равнине, имеют меньшую влажность (первые десятки процентов). Грунты, слагающие бугры в тыловой части поймы, имеют большую влажность (около 100 %). Такое различие определяется более высокой степенью увлажненности грунтов поймы, а также обширными участками болот, окружающими бугры в тыловой части поймы. Высота бугров в изученной части III озерно-аллювиальной равнины обычно не превышает 2 м. Буграм в тыловой части поймы свойственна несколько большая высота (около 3 м), что объясняется значительными влагозапасами, однако сильное разуплотнение грунтов не позволяет в полной мере реализовать их при миграционном льдонакоплении.

4. На III озерно-аллювиальной равнине отмечены новообразование многолетнемерзлых пород и молодые формы пучения, главным образом на участках, примыкающих к старым буграм и бугристым торфяникам. Этот процесс приводит к увеличению диаметра основания бугров и бугристых торфяников. В тыловой части поймы новообразование многолетнемерзлых пород и молодые формы пучения на поверхностях, прилегающих к буграм, не отмечены, что отчасти объясняется сильным разуплотнением грунтов, затрудняющим миграционное льдонакопление.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант НШ-5582.2012.5).

#### Литература

- Баду Ю.Б. Криолитология. М., Изд-во "КДУ", 2010, 528 с.
- Белопухова Е.Б. Особенности распространения многолетнемерзлых пород Западной Сибири // Тр. ПНИИИС. М., 1972, т. 18, с. 94–99.
- Васильчук Ю.К. Некоторые особенности строения и условий образования выпуклобугристых торфяников севера Западной Сибири // Материалы VI науч. конф. аспирантов и молодых ученых. Мерзлотоведение. М., МГУ, 1978, с. 103–117.
- Васильчук Ю.К. Об особенностях формирования бугров пучения на севере Западной Сибири в голоцене // Природные условия Западной Сибири. М., Изд-во Моск. ун-та, 1983, с. 88–103.

**Васильчук Ю.К.** Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов / Ю.К. Васильчук, А.К. Васильчук, Н.А. Буданцева, Ю.Н. Чигова. М., Изд-во Моск. ун-та, 2008, 571 с.

**Вейсман Л.И.** Особенности ландшафтно-индикационных исследований криогенных процессов // Криогенные процессы. М., Наука, 1978, с. 19–32.

**Евсеев В.П.** Миграционные бугры пучения северо-востока европейской части СССР и Западной Сибири // Проблемы криолитологии. М., Изд-во Моск. ун-та, 1976, вып. V, с. 95–159.

**Кашперюк П.И.** Типы и инженерно-геологическая характеристика многолетнемерзлых торфяных массивов / П.И. Кашперюк, В.Т. Трофимов. М., Изд-во Моск. ун-та, 1988, 183 с.

**Константинова Г.С.** О криогенных образованиях в районе Большого Хантайского порога // Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 112–120.

**Марахтанов В.П.** Механизм роста миграционных бугров пучения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География, 1999, № 3, с. 41–46.

**Москаленко Н.Г., Пономарева О.Е.** Изменения растительности и геокриологических условий бугров пучения, нарушенных линейным строительством в северной тайге

Западной Сибири // Криосфера Земли, 2004, т. VIII, № 2, с. 10–16.

**Невечеря В.Л.** Криогенное пучение при многолетнем промерзании пород на севере Западной Сибири // Труды ВСЕГИНГЕО. М., 1980, вып. 138, с. 21–27.

**Оберман Н.Г.** Многолетний мониторинг криогенных процессов на Северо-Западе России при глобальном потеплении // Материалы Четвертой конф. геокриологов России. М., Унив. книга, 2011, т. 3, с. 245–250.

**Попов А.И.** Мерзлотные явления в земной коре (криолитология). М., Изд-во Моск. ун-та, 1967, 304 с.

**Пьявченко Н.И.** О генезисе бугристого рельефа торфяников в северо-восточной части Европейской России // Почвоведение, 1949, № 5, с. 276–284.

**Пьявченко Н.И.** Бугристые торфяники. М., Изд-во АН СССР, 1955, 280 с.

**Тимофеев Д.А.** Терминология перигляциальной геоморфологии / Д.А. Тимофеев, Е.А. Втюрина. М., Наука, 1983, 232 с.

**Тыртиков А.П.** Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М., Наука, 1979, 116 с.

**Шполянская Н.А., Евсеев В.П.** Выпуклобугристые торфяники северной тайги Западной Сибири // Природные условия Западной Сибири. М., Изд-во Моск. ун-та, 1972, с. 134–146.

*Поступила в редакцию  
28 июня 2011 г.*