

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КРИОЛОГИИ ЗЕМЛИ

УДК 581.526:502.7(571.1)

**ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
БУГРОВ ПУЧЕНИЯ, НАРУШЕННЫХ ЛИНЕЙНЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ  
В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**Н. Г. Москаленко, О. Е. Пономарева**

*Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия*

В ходе геокриологического мониторинга, который проводится с 1971 г. на Надымском стационаре, максимальные изменения геокриологических условий под влиянием техногенных нарушений зафиксированы в пределах бугров и гряд многолетнего пучения.

Выявлено, что на буграх пучения снятие растительного покрова и торфяного слоя, мощностью до 0,2 м, нарушение микро рельефа привело к увеличению глубины сезонного протаивания, повышению температуры почв и пород, появлению термокарстовых просадок и озерков и к понижению кровли мерзлоты. Установлено, что на ненарушенных буграх пучения за период исследований глубина сезонного протаивания также увеличилась, однако не столь существенно. Температура пород на них тоже повысилась в связи с повышением температуры воздуха. Показано, что на величину изменения геокриологических условий большое влияние оказывает наличие и мощность торфа в сезонноталом слое.

*Мониторинг, многолетнемерзлые породы, криогенные процессы, климат, ландшафты*

**CHANGES OF FROST MOUNDS, DISTURBED BY LINEAR BUILDING IN NORTHERN TAIGA  
OF WEST SIBERIA**

**N. G. Moskalenko, O. E. Ponomareva**

*Earth Cryosphere Institute SB RAS, 625000, Tyumen, P. O. box 1230, Russia*

During the geocryological monitoring since 1971 at Nadym station the maximum changes in geocryological conditions under the man-caused disturbances have been observed within the limits of frost mounds and ridges of perennial frost heave.

On frost mounds the removal of the vegetation cover and the peat layer with thickness up to 0.2 m, disturbance of the microrelief have resulted in the increase of seasonal thaw depth, in the temperature rise of soil and ground, in the appearance of thermokarst depressions and small lakes and in the sinking of permafrost table. On undisturbed frost mounds the seasonal thaw depth has also increased during the period of researches but not so severely. The ground temperature has increased due to the air temperature rise. Peat thickness and its presence in the active layer have a strong impact on the value of changes in geocryological condition.

*Monitoring, permafrost, cryogenic processes, climate, landscapes*

**ВВЕДЕНИЕ**

Бугры пучения в северной тайге Западной Сибири занимают значительные площади на плоской поверхности морских и озерно-аллювиальных равнин, а также на плоских поймах, сложенных супесчано-суглинистыми отложениями [Мельников и др., 1983]. Во многих геокриологических исследованиях [Попов, 1953, 1967; Белопухова, 1962; Баулин и др., 1967; Тыртиков, 1969; Шполянская, Евсеев, 1972; Евсеев, 1976; Васильчук, 1983; Васильчук, Лахтина, 1986; Игловский, 2001; и др.] рассматриваются вопросы формирования, генезиса бугров пучения, характеризуется криогенное строение и температурный режим этих образований. Однако

стационарные геокриологические наблюдения на буграх пучения проводились немногими исследователями. Наиболее длительные режимные наблюдения за динамикой бугров Западной Сибири были проведены В.Л. Невечерей [1973, 1980, 1996]. Он изучал пространственно-временную изменчивость криогенного пучения в разных метеорологических и ландшафтных условиях. Мы проводили мониторинговые наблюдения за динамикой рельефа, растительности, почв, за глубиной сезонного протаивания и температурой почв и пород бугров пучения, нарушенных в результате прокладки газопровода, а также их природных аналогов. Эти наблю-

дения позволили проследить изменения ландшафтных и геокриологических условий бугров в течение более 30 лет, зарегистрировать появление новых молодых бугров (см. фото на обложке) и осадку поверхности бугров, подвергшихся нарушению. Проведенные исследования подтверждают правильность наблюдений А.П. Тыртикова [1969], Е.Б. Белопуховой [1973], В.Л. Невечери с соавторами [1975]. Эти исследователи отмечали, что в современных климатических условиях северной тайги Западной Сибири в процессе динамики болотной растительности формируются бугры пучения, которые некоторыми исследователями считаются реликтовыми образованиями [Евсеев, 1976; Brown, Pewe, 1973], для формирования которых в настоящее время нет необходимых условий.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наши наблюдения велись на постоянных площадках и профилях Надымского стационарного участка, расположенного в 30 км к югу от г. Надым. Места расположения площадок показаны на ландшафтной карте стационара, опубликованной ранее [Москаленко и др., 2001]. Участок выбран в краевой части III озерно-аллювиальной равнины, которая сложена верхнеплейстоценовыми зырянскими отложениями, представленными песками с прослоями и линзами супесей и суглинков, местами перекрытыми современными биогенными торфяными отложениями. Многолетнемерзлые породы имеют островное распространение. Острова мерзлых пород, имеющие среднегодовые температуры от 0 до  $-2^{\circ}\text{C}$ , приурочены к торфяникам, буграм и грядам пучения. Из экзогенных геологических процессов широко развиты заболачивание, термокарст, сезонное и многолетнее пучение.

Проведенный геокриологический мониторинг включал:

- крупномасштабное повторное картографирование проявлений физико-геологических процессов по аэрофотоснимкам разных лет и материалам наземных маршрутных работ с временным интервалом 3–5 лет;

- нивелирование марок на стационарных площадках и профилях, перпендикулярных трассе газопровода и пересекающих эти площадки. Нивелировка поверхности выполнялась в конце августа—начале сентября с помощью нивелира марки Н-3 кл.

По нашим наблюдениям, процесс многолетнего пучения в современных условиях активно протекает на торфяных болотах. По мере роста бугров на них наблюдается закономерная смена фитоценозов. Осоково-пушицево-сфагновый покров при образовании бугров пучения высотой 0,4 м сменяется осоково-пушицевым с отмершим моховым покровом. На растущих буграх пучения высотой 0,5 м развиты пушицевые сообщества с отмершим мохо-

вым покровом, пятнами политрихума и единичными экземплярами ерника. По мере дальнейшего роста бугров, достигающих высоты 0,6–0,8 м, пушицевый фитоценоз уступает место пушицево-политриховому. На более старых буграх высотой 0,9–1,0 м развит вейниково-ивово-ерниково-политриховый покров с пятнами кладонии ягодне-сущей. К буграм, высота которых превышает 1 м, приурочены вейниково-кустарничковые кладониево-политриховые сообщества, позднее сменяющиеся ерниково-багульниково-кладониевыми фитоценозами с единичными березами.

Изученные бугры пучения по литологическому составу сезонноталого слоя были разделены на три группы — торфяные (крупнобугристые торфяники), торфяно-минеральные и минеральные [Мельников и др., 1983]. На торфяном бугре, который в 1971 г. (год расчистки трассы) подвергся пожару, была заложена одна постоянная площадка. На торфяно-минеральных буграх были выбраны четыре площадки — две площадки в естественных условиях и две в полосе трассы газопровода, на которых был снят растительный покров и торфянистый горизонт мощностью до 20 см и нарушен микрорельеф. На минеральных буграх пучения находились две площадки — одна в естественных условиях, другая в полосе трассы.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Крупнобугристые торфяники в северной тайге занимают значительные площади на плоской поверхности озерно-аллювиальных равнин, а также на плоских поймах, сложенных супесчано-суглинистыми отложениями. Здесь развиты крупные торфяные бугры высотой 2–6 м и размерами в поперечнике от 30–60 до 100 м. Вершины и верхние части склонов бугров покрыты морошково-багульниково-мохово-лишайниковыми сообществами, сменяющимися на склонах ерниково-моховыми [Москаленко, 1999]. Бугры разделены ложбинами и мочажинами с пушицево-осоково-сфагновыми болотами. На вершинах бугров нередки пятна торфа, лишённые растительного покрова.

Постоянная площадка находилась на вершине торфяного бугра высотой 2 м, до пожара покрытого морошково-багульниково-кладониевым фитоценозом. Микрорельеф образован мелкими дикрановыми кочками высотой 0,1–0,3 м. Почва площадки торфяная, торф мощностью 1 м подстиляется песком, максимальная мощность сезонноталого слоя составляет 0,6 м. Покров трав и кустарничками составляло 45 %, мхами и лишайниками — 90 %.

Осенью 1971 г. площадка выгорела. Повторные описания площадки проводились ежегодно, начиная с 1975 г. Эти описания показали, что через пять лет после пожара на бугре сформировалось пушицево-морошково-политриховое сообщество,

в котором покрытие трав составляло 15 %, а мхов — 50 %. На следующий год заметное увеличение участия ерника привело к смене травяно-мохового сообщества ерниково-морошково-пушицево-политриховым, которое сохранялось в течение 25 лет наблюдений, а затем сменилось морошково-ерниково-багульниково-кладониево-политриховым. Участие трав и кустарничков в этом ценозе постепенно возрастало и через 14 лет после пожара достигло первоначальной величины.

Напочвенный покров к этому времени составлял до 85 % поверхности площадки, он состоял из политриховых мхов и лишайников. Встречаемость лишайников увеличилась, но покрытие ими поверхности не превышало 1–3 %. Однако позже это покрытие постепенно продолжало возрастать, и через 23 года после пожара оно составило 8,5 %. Возможно, в дальнейшем роль лишайников в ценозе восстановится, но, по-видимому, произойдет это не раньше чем через 50 лет — об этом свидетельствуют наблюдения на давно нарушенных пожаром участках.

Положительная реакция на воздействие пожара отмечалась у трех видов растений (пушицы влагилищной, ерника, кукушкина льна): значительно возросли встречаемость и величина покрытия. Особенно резко эта тенденция проявилась у кукушкина льна, покрытие которого увеличилось с 2 до 70–80 %.

Отрицательно реагировали на пожар кустарнички (брусника, багульник), лишайники, зеленые мхи (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum congestum*, *Hylacomium splendens*, *Aulacomnium palustre*) и сфагнум. Через 15 лет после пожара у брусники, багульника и всех ранее обильных видов лишайников (*Cladina stellaris*, *C. rangiferina*, *Cetraria nivalis*) встречаемость и покрытие сильно отличались от первоначальных, и это различие для лишайников сохранилось и через 32 года после нарушения.

На торфяных буграх, которые в районе стационара все были нарушены пожаром, отмечены максимальные изменения температуры многолетнемерзлых пород за период исследований. На глубине 10 м, т. е. на подошве слоя с годовыми колебаниями температура повысилась с  $-1,8$  до  $-0,8$  °C (рис. 1, Б). Тренд возрастания температуры пород составил  $0,03$  °C в год. Такой же средний тренд повышения температуры пород получен А.В. Павловым [1997] по данным наблюдений на торфяниках и тундрах стационара Марре-Сале (Западный Ямал). Это повышение температуры (он объясняет наблюдавшимся в последние десятилетия увеличением температуры воздуха. По данным метеостанции Надым за 1965–2002 гг., тренд повышения температуры воздуха составил  $0,04$  °C в год (см. рис. 1, А). С 2001 г. в скважине на крупнобугристом торфянике установлен логгер для круглогодичного измерения температур, который позволяет нам более детально изучить температурный режим пород в течение года.

Торфяно-минеральный бугор, до строительства газопровода покрытый кедровой багульниково-мохово-кладониевой рединой, через пять лет после удаления растительного покрова зарос осокой шаровидной и политриховыми мхами, покрывающими до 50 % поверхности почвы. Через семь лет в разреженном осоково-политриховом сообществе степень покрытия почвы растениями увеличилась до 65 %. На 10-й год на бугре сформировался ерниково-осоково-политриховый фитоценоз, покрывающий 80 % поверхности почвы. Через 15 лет на торфяно-минеральном бугре был развит сплошной ерниково-голубично-осоковый кладониево-политриховый покров с участием березы, через 28 лет он сменился морошково-багульниково-осоковым кладониево-политриховым с участием березы и кедра.

Анализ встречаемости и величины покрытия отдельными видами [Москаленко, 1999], растущи-

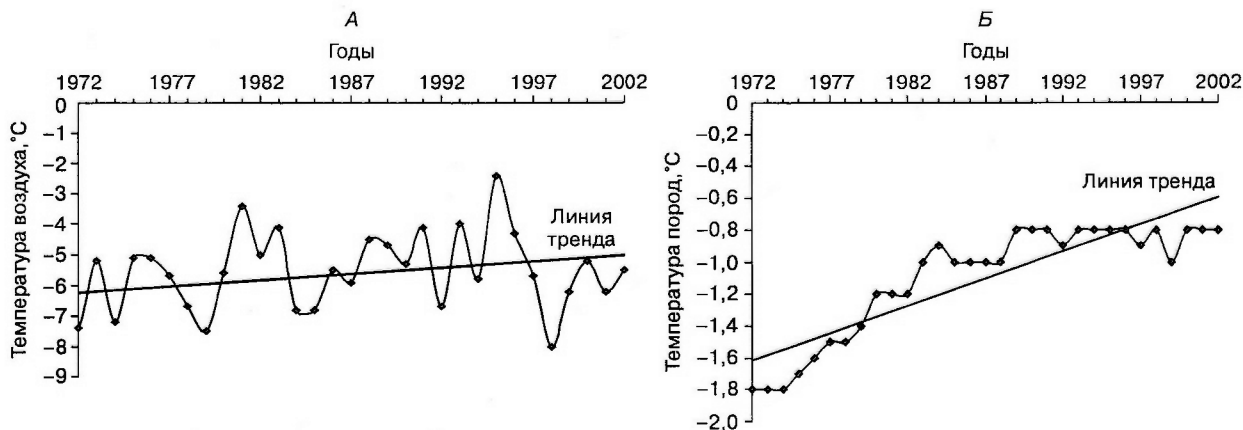


Рис. 1. Среднегодовая температура:

А — воздуха, по данным метеостанции Надым; Б — пород крупнобугристого торфяника.

ми на торфяно-минеральном бугре, показывает, что у брусники, багульника, ерника и лишайников (кроме *Cetraria nivalis*) эти величины через пять лет после нарушения были значительно ниже, чем в естественных условиях. Затем встречаемость и покрытие у этих растений возрастали и у ерника (*Cladonia coccifera*) через 13–15 лет достигли первоначальных величин, а у остальных видов продолжали оставаться существенно меньшими.

Значительно увеличились после нарушения встречаемость и покрытие у осоки шаровидной, политрихума торчащего и голубики. Увеличение этих показателей у голубики, по-видимому, связано с ослаблением в сообществе роли багульника, конкуренция с которым раньше не позволяла некоторым видам усилить свои позиции в ценозе.

На торфяно-минеральных буграх пучения в первый год после удаления растительного покрова изменение глубины сезонного протаивания было незначительным [Москаленко и др., 2001]. В следующие годы глубина сезонного протаивания на нарушенном бугре все время возрастала. Через восемь лет она увеличилась более чем в три раза, по сравнению с ненарушенными условиями, и превысила глубину сезонного промерзания (рис. 2, А). Поверхность бугра подверглась осадке.

Постоянный профиль на 14-м километре трассы газопровода был разбит Ю.Л. Шуром [Москаленко, Шур, 1975] в 1972 г. сразу после укладки трубопровода в насыпи. Нивелировка поверхности вдоль профиля выполнялась в 1972, 1974, 1986,

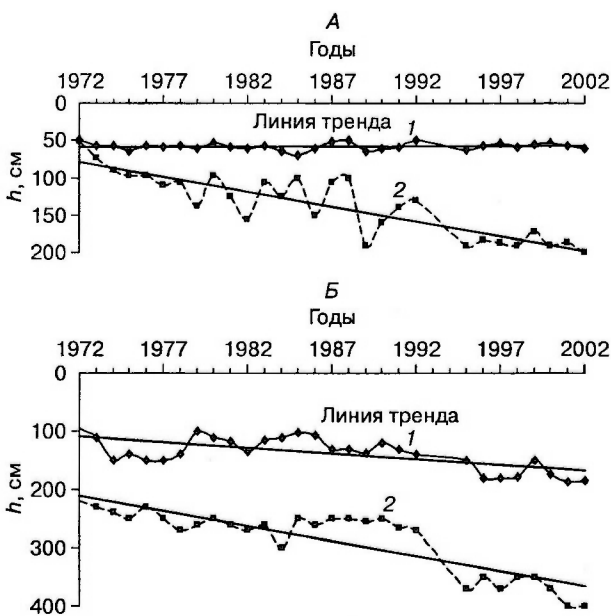


Рис. 2. Максимальные мощности сезонноталого слоя торфяно-минеральных (А) и минеральных (Б) бугров пучения в естественных (1) и нарушенных (2) условиях за 1972–2002 гг.

1991, 2001–2003 гг. Результаты обработаны в программе EXCEL и представлены на рис. 3 в виде диаграммы I со значениями, соединенными сглаживающими линиями, и шести вспомогательных диаграмм (II–VII).

На диаграмме I приведены относительные (относительно репера) отметки поверхности возле скважин и в промежуточных точках между скважинами за четыре наиболее представительных года: 1972 г. — начало наблюдений; 1974 г. — год максимальных осадок поверхности; 1986 и 2003 гг. — годы постепенной стабилизации поверхности. На диаграммах II–VII показаны отклонения поверхности от положения, которое она имела в 1972 г. Отклонения рассчитаны для каждого года наблюдений.

В истории развития поверхности бугров можно выделить три этапа: 1972–1974 гг. — период просадки поверхности, наступивший после строительства; 1975–1991 гг. — период медленного подъема поверхности; с 1992 г. — период стабилизации. В течение первого периода максимальные просадки за трубопроводом отмечались у скв. 5 и составили 104 см, минимальные — у скв. 3 (77 см). В течение второго периода у скв. 5 они составляли 94 см, у скв. 3 — 26 см. Во время последнего периода просадки у скв. 5 зафиксировались на 80 см, у скв. 3 — на 8–10 см. На 2003 г. максимальные просадки остаются в 15 м от трубопровода, а минимальные — на расстоянии 30 м от трубопровода.

Отмеченные закономерности получены при анализе материалов диаграмм по скважинам 3, 4, 5 и 8. Результаты по скважинам 6, 7, расположенным непосредственно на насыпи, не учитывались, так как они отражают совместное воздействие двух процессов: просадки поверхности и разрушения песчаной отсыпки трубы. Конец профиля за скв. 3 также не принимался в расчет, так как в 1974 г. через линию профиля был проведен зимник, отметки поверхности изменились и не сопоставимы с данными 1972 г.

Значительные изменения геокриологических условий наблюдались на минеральных буграх пучения, часто встречающихся в краевых частях озерно-аллювиальных равнин. Бугры и гряды пучения высотой 2–7 м сложены песками, подстилаемыми сильнольдистыми супесчано-суглинистыми отложениями. До нарушения они были покрыты кедровыми осоково-багульниково-лишайниковыми редианами на торфянисто-подзолистых почвах. Глубина сезонного протаивания составляет 1,0–1,5 м.

После вырубki древостоя и снятия кустарничково-лишайникового покрова в 1971 г. влажность песков, слагающих с поверхности бугры, уменьшилась более чем в два раза. Слабоувлажненные бугры, с которых зимой сдувается снег, зарастают плохо, и в течение 10 лет после нарушения на буграх сохранялась редкая осоковая растительность, покрывающая 15–30 % поверхности почвы

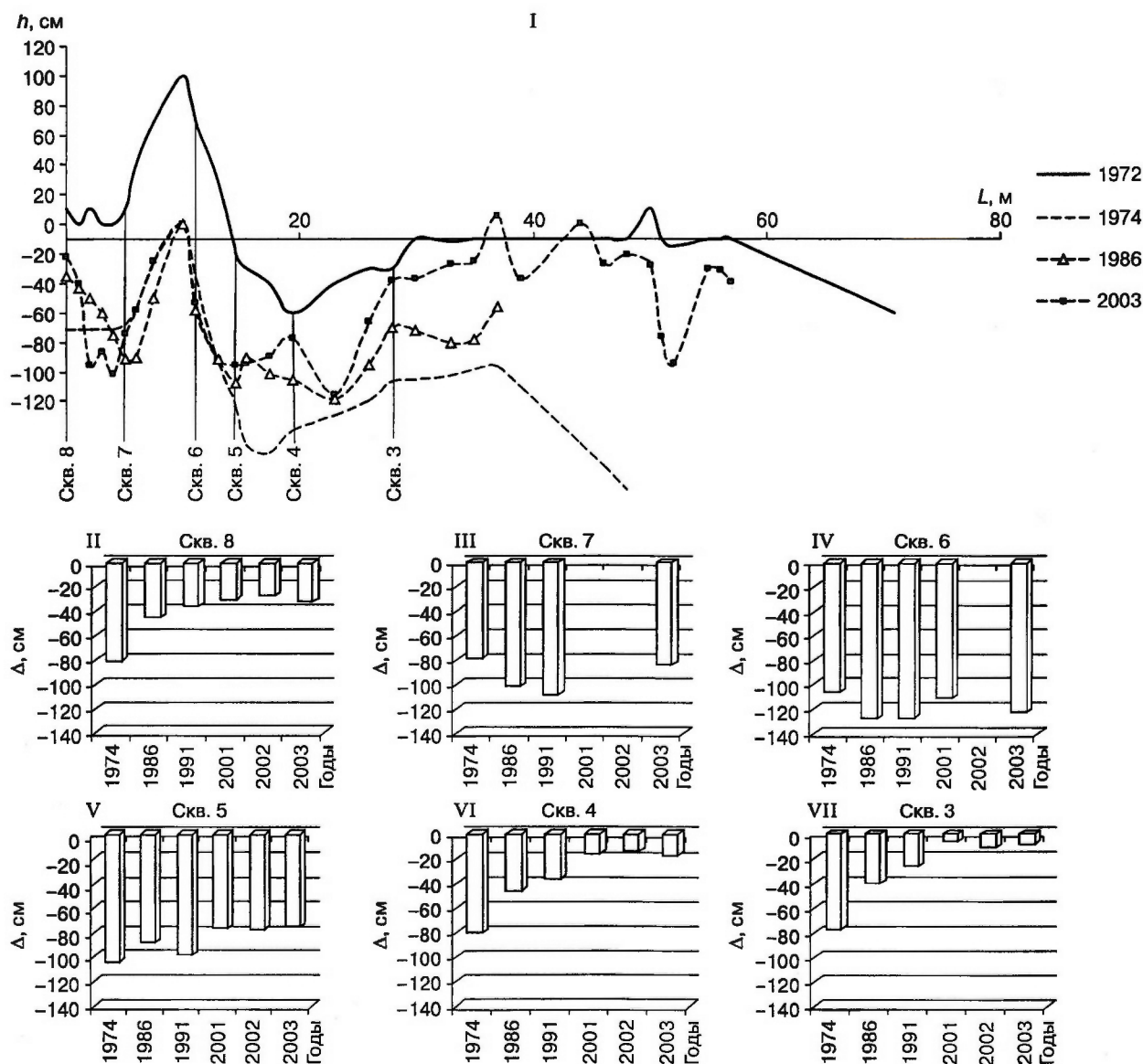


Рис. 3. Изменение поверхности торфяно-минерального бугра за период с 1972 по 2003 гг., по данным повторных нивелировок.

I — изменение относительных отметок поверхности по профилю „14 км“; II–VII — диаграммы отклонения поверхности от ее положения в 1972 г. (в см) по скважинам 8, 7, 6, 5, 4, 3.  $h$ , см — превышение точки над репером;  $L$ , м — расстояние от начала профиля.  $\Delta$ , см — отклонения поверхности от ее положения в 1972 г.

(таблица). Лишь через 11 лет осоковый покров на нарушенных минеральных буграх сменился осоково-политриховым, через 15 лет — бруснично-осоково-политриховым, через 18 лет бруснично-багульниково-осоково-политриховым с отдельными березами и кедром, а через 28 лет — бруснично-осоково-кладониево-политриховым с отдельными березами и кедром. Степень проективного покрытия поверхности почвы травами и кустарничками возросла до 36 %, а мхами — до 19 %, и около

40 % постоянной площадки приходится на долю оголенного песка, до сих пор лишённого растительного покрова.

На минеральном бугре в первые 5–7 лет после нарушения у всех видов, кроме морошки, встречаемость и покрытие уменьшились, у кустарничков — багульника (*Ledum palustre*), брусники (*Vaccinium vitis-idaea*) эти параметры в течение 28 лет оставались значительно ниже, чем в естественных условиях. Напротив, у осоки шаровидной (*Carex*

Изменения минеральных бугров пучения в естественных (а) и нарушенных (б) условиях северной тайги Западной Сибири

Годы	Глубина просядок, м		Покрытие почвы растениями, %		Глубина протаивания, м		Температура пород, °С	
	а	б	а	б	а	б	а	б
1981	—	0,8	145	30	1,20	2,5	-0,4	-0,4
1991	—	1,4	140	60	1,40	2,6	-0,3	-0,2
2001	—	1,5	120	90	1,85	4,0	-0,1	0

*globularis*) и мхов (*Dicranum congestum*, *Polytrichum strictum*) встречаемость и покрытие на восьмой год начали увеличиваться и даже заметно превысили их первоначальные значения. Встречаемость морошки (*Rubus chamaemorus*) на сохранившихся местах на бугре пятнах торфа уже в первые пять лет после нарушения была выше, чем в исходных условиях.

На минеральных буграх пучения мощность сезонноталого слоя увеличилась в два раза уже в первые годы после нарушения (со 110 до 220 см). В последующие годы увеличение глубины сезонного протаивания было небольшим (30 % от средней величины максимальной мощности СТС). В последнее десятилетие отмечалось увеличение максимальной мощности сезонноталого слоя (см. рис. 2, Б) как в нарушенных (до 400 см), так и в естественных условиях (до 180 см), обусловленное повышением температуры воздуха (см. рис. 1, А).

После нарушения растительного покрова на минеральных буграх часто активно развивается термокарст. На восьмой год после снятия растительности в термокарстовых просядках, образовавшихся на буграх, местами возникли озерки, глубина которых достигает 1,1 м, а площадь их и через 30 лет после нарушения продолжает постепенно увеличиваться, достигая 75–90 м<sup>2</sup>.

Повышение температуры многолетнемерзлых пород на минеральных буграх не превышало 0,4 °С в естественных условиях и 0,5 °С — в нарушенных. На ненарушенных буграх температуры на глубине 10 м возросли с -0,5 до -0,1 °С (рис. 4).



Рис. 4. Температура пород ненарушенного минерального бугра пучения.

ВЫВОДЫ

- Темп восстановления растительного покрова на буграх пучения изменяется в зависимости от вида воздействия на него, от состава и увлажнения почв. На торфяных буграх пучения после пожара растительный покров восстанавливается быстрее, чем на торфяно-минеральных буграх в полосе трассы газопровода. Однако полного восстановления исходной растительности за исследованный 33-летний период не наблюдается. Медленнее всего растительность восстанавливается на слабоувлажненных буграх, сложенных с поверхности песками.

- Поверхность торфяно-минеральных бугров, по данным повторных нивелировок, за 32 года со времени укладки трубопровода испытала проседание, подъем, стабилизацию, но так и не вернулась к исходному положению, оставаясь ниже него на 8–80 см. Интенсивность просядок убывает по мере удаления от трубопровода.

- Под влиянием нарушения на торфяно-минеральных и минеральных буграх пучения глубина сезонного протаивания увеличилась в 2–3 раза.

- На ненарушенных буграх отмечается повышение температуры пород на подошве слоя и годовые колебания, обусловленные увеличением температуры воздуха.

- В разных ландшафтных условиях повышение температуры пород за период исследований колеблется в пределах от 0,4 до 1,0 °С. Тренд повышения температур составляет 0,01–0,03 °С в год и зависит от современного повышения температуры воздуха, состава пород и антропогенного воздействия.

Литература

Баулин В.В., Белопухова Е.Б., Дубиков Г.И. и др. Гео-криологические условия Западно-Сибирской низменности. М., Наука, 1967, 213 с.

Белопухова Е.Б. Многолетние бугры пучения в бассейне р. Ярудей // Тр. Ин-та мерзлотоведения. Т. 19. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 80–85.

Белопухова Е.Б. Особенности современного развития многолетнемерзлых пород Западной Сибири // Докл. II междунар. конф. по мерзлотоведению. Т. 2. Якутск, 1973, с. 84–86.

Васильчук Ю.К. Об особенностях формирования бугров пучения на севере Западной Сибири в голоцене // Природные условия Западной Сибири. М., Изд-во МГУ, 1983, с. 88–103.

Васильчук Ю.К., Лахтина О.В. Развитие торфяных бугров в северных районах Западной Сибири в голоцене // Формирование мерзлых пород и прогноз криогенных процессов. М., Наука, 1986, с. 123–128.

Евсеев В.П. Миграционные бугры пучения северо-востока Европейской части СССР и Западной Сибири // Проблемы криолитологии. Вып. V. М., Изд-во МГУ, 1976, с. 95–159.

Игловский С.А. Температурные характеристики деятельного слоя в буграх пучения Европейского севера (на примере Мезенской тундры) // Консервация и трансформация вещества и энергии в криосфере Земли. Материалы междунар. конф. „Криосфера Земли как среда жизнеобеспечения“. Пушкино, 2001, с. 120–121.

- Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Москаленко Н.Г. и др. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции. Новосибирск, Наука, 1983, 165 с.
- Москаленко Н.Г. Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России. Новосибирск, Наука, 1999, 280 с.
- Москаленко Н.Г., Шур Ю.Л. Температурный режим поверхности и слоя сезонного оттаивания грунтов озерно-аллювиальных равнин севера Западной Сибири // Тр. ВСЕГИНГЕО. М., 1975, вып. 87, с. 76–96.
- Москаленко Н.Г., Коростелев Ю.В., Червова Е.И. Мониторинг слоя сезонного протаивания почв в северной тайге Западной Сибири // Криосфера Земли, 2001, т. V, № 1, с. 71–79.
- Невечеря В.Л. К методике районирования территории по интенсивности проявления процессов пучинообразования в грунтах // Ускоренные методы инженерно-геокриологического изучения нефтегазоносных районов Западной Сибири на основе ландшафтной индикации. Вып. 62. М., ВСЕГИНГЕО, 1973, с. 21–27.
- Невечеря В.Л. Криогенное пучение при многолетнем промерзании пород на севере Западной Сибири // Геокриол. исслед. Вып. 138. М., ВСЕГИНГЕО, 1980, с. 21–27.
- Невечеря В.Л. Новая концепция изучения и прогноза криогенного пучения применительно к задачам управления ПТС // Материалы I конф. геокриологов России. Кн. 1. М., Изд-во МГУ, 1996, с. 399–406.
- Невечеря 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.
- Павлов А.В. Прогноз эволюции криолитозоны на севере Западной Сибири (по данным мониторинга) // Итоги фундаментальных исследований криосферы Земли в Арктике и Субарктике. Новосибирск, Наука, 1997, 280 с.
- Попов А.И. Вечная мерзлота в Западной Сибири. М., Изд-во АН СССР, 1953, 229 с.
- Попов А.И. Мерзлотные явления в земной коре (криология). М., Изд-во МГУ, 1967, 303 с.
- Тыртиков А.П. Влияние растительного покрова на промерзание и протаивание грунтов. М., Изд-во МГУ, 1969, 192 с.
- Шполянская Н.А., Евсеев В.П. Выпуклобугристые торфяники северной тайги Западной Сибири // Природные условия Западной Сибири. Вып. 2. М., Изд-во МГУ, 1972, с. 134–146.
- Brown J.E., Pewe T.L. Distribution of Permafrost in North America and its Relationship to the Environment // „Permafrost“: Proc. of the 2nd Intern. Conf., Washington, National Academy of Sciences. 1973, p. 15–21.

*Поступила в редакцию  
23 октября 2003 г.*