

УДК 551.345

## РАДИОУГЛЕРОДНЫЕ ДАТИРОВКИ И ГОЛОЦЕНОВАЯ ДИНАМИКА БУГРОВ ПУЧЕНИЯ В ДОЛИНЕ РЕКИ УСА

© 2002 г. Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, Е. М. Волкова, Л. Д. Сулержицкий, Ю. Н. Чинова, Х. Юнгнер

Представлено академиком В.М. Котляковым 03.01.2002 г.

Поступило 09.01.2002 г.

Многолетнемерзлые бугры пучения представляют собой одну из самых распространенных форм мерзлотного рельефа, они часто встречаются в районах прерывистых многолетнемерзлых пород со среднегодовыми температурами, приближающимися к нулю, но также нередки и в зоне более низкотемпературных сплошных многолетнемерзлых пород.

Одна из главных проблем в исследовании многолетнемерзлых бугров пучения – определение времени их формирования. Существуют предположения об их исключительно древнем возрасте (старше 4–5 тыс. лет) и современном деградирующем состоянии [1, 2]. Целью нашей работы было установить время образования бугров пучения в разных геокриологических условиях долины р. Уса, на северо-востоке европейской части России. Здесь можно наблюдать бугры различной конфигурации, высоты и возраста. Мы изучили бугры пучения в трех местах, расстояние между крайними – Елецкой и Усой – более 250 км. Среднегодовая температура грунтов меняется от  $-0.2$  до  $-1^{\circ}\text{C}$  в Усе до  $-2^{\circ}\text{C}$  в Елецкой.

Бугристые торфяники – один из лучших объектов для проведения радиоуглеродного датирования [3, 4]. Это связано с особенностями торфонакопления: при образовании бугристых торфяников очень редко возникают условия для накопления аллохтонного органического материала. Это подтверждено и нашими исследованиями – в приведенных рядах радиоуглеродных датировок разрезов бугров пучения (табл. 1) практически не отмечено инверсий (получено 49 новых радиоуглеродных датировок). Датирование проводилось независимо

в двух лабораториях: в Радиоуглеродной лаборатории Геологического института РАН (по щелочным вытяжкам) и Радиоуглеродной лаборатории Хельсинского университета (по растительным остаткам).

Момент формирования бугра пучения как формы рельефа, т.е. время начала его образования, наиболее объективно можно установить измеряя радиоуглеродный возраст отложений, сформировавшихся в тот момент, когда поверхность бугра (точнее, поверхность слоя сезонного протаивания, в верхней части бугра) окажется над поверхностью зеркала воды окружающего болота. Требуется также выделить именно те отложения в разрезе бугра, которые накапливались в этот начальный момент пучения. Это определило стратегию исследования, заключающуюся в детальном радиоуглеродном датировании торфа, который перекрывает бугор, а также в исследовании ботанического состава торфяной залежи, т.е. разделении ее на низинную (эвтрофную) и верховую – переходную (олиготрофную–мезотрофную). Подчеркнем, что именно начало накопления торфяных отложений в большинстве случаев определяет возникновение бугров пучения, поэтому история формирования торфяной залежи в полной мере совпадает с историей формирования бугра.

На основании данных ботанического анализа торфа были выделены субаквальная (низинный торф) и субаэральная (верховой и переходный торф) фазы развития бугров в долине р. Уса. Субаквальная фаза – это период формирования торфа в условиях сильной обводненности, до пучения. В низинных болотах, отвечающих этой фазе, основной фон чаще всего образуют осоки (*Carex aquatilis*, *C. rotundata*, *C. limosa*, *C. rostrat*), гипновые мхи (*Drepanocladus*, *Calliergon*), некоторые сфагновые мхи (*Sphagnum riparium*), хвощи *Equisetum*, вахта (*Menyanthes trifoliata*). В пределах обводненных мочажин встречаются шейхерия болотная (*Scheuchzeria palustris*), осоки (*Carex limosa*, *C. pauciflora*, *C. rariflora*). Субаэральная фаза – это период, в течение которого торфонакопление проис-

Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова

Тульский государственный педагогический  
университет им. Л.Н. Толстого

Геологический институт

Российской Академии наук, Москва

Университет г. Хельсинки, Финляндия

**Таблица 1.** Радиоуглеродное датирование бугров пучения в долине р. Уса, северо-восточная часть европейской криолитозоны России

$^{14}\text{C}$ -возраст, лет	Лаб. №	Полевой №	Глубина, м	Материал датирования, степень разложения	$\delta^{13}\text{C}$ , ‰
<b>Пос. Уса</b>					
<b>Бугор высотой 0.8 м</b>					
140 ± 40	ГИН-10976	383-YuV/2	0.1	Торф гипновый, 5%	
780 ± 40	ГИН-10977	383-YuV/3	0.25	Торф древесно-осоковый, 75%	
1890 ± 80	Hel-4499	383-YuV/4	0.3–0.35	Торф коричневый, травяно-гипновый с древесиной, 60%	-28.9
2090 ± 40	ГИН-10978	383-YuV/5	0.4	Торф травяно-гипновый, 50–55%	
<b>Бугор высотой 2.0 м</b>					
3690 ± 50	ГИН-10979	383-YuV/11	0.4	Торф травяной низинный, 65%	
<b>Бугор высотой 2.5 м</b>					
6320 ± 40	ГИН-10981	383-YuV/14	0.25	Торф вахтовый низинный, 55%	
7140 ± 40	ГИН-10980	383-YuV/13	0.5	Торф осоковый низинный, 85%	
<b>Бугор высотой 4 м</b>					
5230 ± 40	ГИН-10982	383-YuV/15	0.3	Торф древесный, 75%	
6490 ± 110	Hel-4507	383-YuV/16	0.6–0.7	Торф коричневый древесный, 55%	-29.5
6650 ± 50	ГИН-10983	383-YuV/18	0.8	Торф вахтовый, низинный, 60%	
<b>Пос. Никита</b>					
<b>Бугор высотой 4.7 м</b>					
90 ± 70	Hel-4500	380-YuV/1	0–0.03	Торф с лишайниками	-28.0
1130 ± 40	ГИН-10621	380-YuV/2	0.03–0.1	Торф древесно-гипновый, 80%	
2740 ± 40	ГИН-10622	380-YuV/3	0.1–0.15	Торф древесный, 65–70%	
4070 ± 90	Hel-4501	380-YuV/4	0.15–0.2	Торф древесный, 55%	-29.4
4100 ± 40	ГИН-10623	380-YuV/5	0.2–0.25	Торф древесно-травяной, 60%	
4450 ± 40	ГИН-10624	380-YuV/6	0.25–0.35	Торф древесно-травяной, с древесиной березы, 70%	
5280 ± 100	Hel-4502	380-YuV/7	0.35–0.45	Торф древесный, 60%	-29.4
4890 ± 40	ГИН-10628	380-YuV/11	0.5	Береза	
6670 ± 40	ГИН-10625	380-YuV/8	0.45–0.55	Торф древесный, 65%	
7550 ± 50	ГИН-10626	380-YuV/9	0.55–0.65	Торф древесно-осоковый, 75%	
7510 ± 60	ГИН-10627	380-YuV/10	0.65–0.75	Торф хвощовый низинный, 65–70%	
8200 ± 130	Hel-4512	380-YuV/21	0.75	Торф хвощовый низинный со шлировым льдом, 55%	-29.0
<b>Бугор высотой 3.5 м</b>					
3590 ± 90	Hel-4503	380-YuV/12	0.12–0.2	Торф коричневый, кустарничковый, 60%	-28.6
5010 ± 90	Hel-4508	380-YuV/13	0.2–0.3	Торф древесно-хвощовый, 45–50%	-27.9
6110 ± 110	Hel-4509	380-YuV/14	0.4	Древесина	-25.5
6320 ± 90	Hel-4511	380-YuV/20	0.4–0.5	Остатки крупных кустарников	-25.4
6730 ± 100	Hel-4510	380-YuV/15	0.55–0.6	Торф древесный, 45–50%	-29.9
9180 ± 100	Hel-4504	380-YuV/16	0.8	Торф древесно-хвощовый, 40–45%	-28.6
<b>Бугор высотой 0.7 м</b>					
1420 ± 120	ГИН-10629	380-YuV/22	0.1–0.15	Торф осоково-гипновый, 5–10%	
1500 ± 40	ГИН-10630	380-YuV/23	0.2–0.25	Торф осоково-гипновый, 60–65%	
2360 ± 90	Hel-4513	380-YuV/24	0.3–0.35	Торф коричневый, осоково-гипновый, 35%	-28.9
3550 ± 40	ГИН-10631	380-YuV/25	0.5–0.55	Торф осоковый низинный, 35%	

Таблица 1. Окончание

$^{14}\text{C}$ -возраст, лет	Лаб. №	Полевой №	Глубина, м	Материал датирования, степень разложения	$\delta^{13}\text{C}$ , ‰
Пос. Елецкая					
Бугор высотой 4 м					
1040 ± 50	ГИН-10968	382-YuV/17	0.15	Торф с остатками кустарничков, 20%	
4800 ± 50	ГИН-10969	382-YuV/18	0.3	Торф древесно-осоковый, 60%	
6190 ± 40	ГИН-10970	382-YuV/19	0.6	Торф осоковый, 25-30%	
Бугор высотой 3.5 м					
3100 ± 40	ГИН-10971	382-YuV/1	0.05	Торф осоковый, 80%	
4700 ± 50	ГИН-10972	382-YuV/2	0.1	Торф травяно-осоковый, 65%	
7120 ± 100	Hel-4518	382-YuV/3	0.1–0.15	Коричневый торф с веточками, древесно-травяной, 65%	–28.9
7420 ± 110	Hel-4519	382-YuV/4	0.15–0.2	Торф древесно-сфагновый, 65-70%	–28.1
7560 ± 90	Hel-4520	382-YuV/5	0.2–0.25	Торф травяно-гипновый с остатками древесины, 30–35%	–28.4
7300 ± 40	ГИН-10973	382-YuV/6	0.3	Торф травяно-гипновый, 60%	
7760 ± 110	Hel-4527	382-YuV/7	0.35–0.45	Торф гипновый, 30%	–29.3
8100 ± 90	Hel-4528	382-YuV/8	0.45–0.5	Торф древесный, 30%	–29.5
7750 ± 40	ГИН-10974	382-YuV/9	0.6	Торф травяной, низинный, 45%	
8240 ± 90	Hel-4529	382-YuV/10	0.65–0.75	Торф серовато-коричневый древесный, 40%	–30.2
8220 ± 110	Hel-4521	382-YuV/11	0.75–0.8	Торф серовато-коричневый древесный, 60-65%	–29.6
8350 ± 110	Hel-4505	382-YuV/12	0.8–0.82	Торф мерзлый	–27.9
8490 ± 70	ГИН-10975	382-YuV/13	0.9	Торф древесный с песком, 75%	
9750 ± 160	Hel-4506	382-YuV/14	1.15	Торф со шлировым льдом	–29.3

ходило в условиях преимущественно верхового питания, т.е. влага поступала в основном в виде атмосферных осадков. В олиготрофных условиях развиваются сфагновые мхи (*Sphagnum* sp.), пушица (*Eriophorum vaginatum*), клюква (*Oxycoccus quadripetalus*), багульник (*Ledum palustre*), подбел (*Andromeda polyfolia*), мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata*), голубика (*Vaccinium uliginosum*). Эти растения приспособлены к постепенному повышению поверхности болота, так как их побеги дают придаточные корни по мере погружения в торф. В пределах самых сухих местообитаний развивается лишайниковый покров (*Cladonia silvatica*, *Cetraria nivalis*, *Ochrolechia tartarea*) [5].

Скорость накопления торфа и время смены разных стадий развития торфяной залежи получены на основании радиоуглеродных датировок и анализа мощности торфяных прослоев (табл. 2). Низинный торф субаквальной фазы, очевидно, формировался на уровне основания бугров, уровень, на котором он находится в разрезе, показывает величину пучения.

В шведской Лапландии Ф. Зюйдхофф и Э.Кольструп [6] датировали бугры с помощью четырех AMS-радиоуглеродных определений. Да-

той начала формирования бугра они считают датировку остатков растений из самой верхней части прослая гидрофильного слоя торфа, представленного остатками сфагновых мхов и пушицы, т.е. момент перехода бугра из субаквальной стадии в субаэральную. Большинство бугров начало расти здесь в промежутке от 1520 до 1730 г. (датировки  $390 \pm 70$ , Ua-13229;  $95 \pm 65$ , Ua-13228 и  $105 \pm 65$  лет, Ua-13230). Однако в разрезе одного из бугров обнаружен олиготрофный торф, здесь листик *Sphagnum* датирован  $8150 \pm 85$  лет (Ua-13227) и указывает на то, что бугор древнее 8 тыс. лет.

Бугры у пос. Уса. В пределах озёрно-болотного массива сочетаются высокие (до 4 м) и низкие (менее 1 м) бугры. Лиственнично-березовое редколесье сосредоточено по периферии этого массива. Только в центре озерно-болотной котловины отмечены два бугра высотой более 1 м, на склоне одного из них растут две березы.

В разрезе относительно молодого бугра высотой 0.8 м (рис. 1а) в перекрывающем торфе мощностью 0.4 м, возраст которого не старше 2 тыс. лет, к субаквальной фазе можно отнести травяно-гипновый низинный торф, залегающий на глубине 0.35–0.4 м. Этот торф датирован  $2090 \pm 40$  лет

**Таблица 2.** Морфология торфяной залежи и хронология развития бугров пучения в долине р. Уса

Высота бугра (поднятие бугра над зеркалом вод), м	Датирование торфяной залежи, тыс. лет (мощность, м)	Датировка перехода от субаквальной стадии торфонакопления к субаэральной, тыс. лет назад (глубина, м)	Скорость накопления торфа, м/тыс.лет	
			субаквальной стадии	субаэральной стадии
Пос. Уса				
0.8 (0.45)	0.14–2.09 (0.4)	0.1 (0.1)	0.25	<0.1
2 (1.6)	3.7 (0.4)	После 3.7(?)	–	<0.1
2.5 (2.25)	6.3–7.1 (0.5)	После 6.3	0.29	0.04
4 (3.2)	5.2–6.6 (0.8)	6.6 (0.8)	0.6	0.10
Пос. Никита				
4.7 (4.0)	0.09–8.2 (0.75)	7.5 (0.65)	0.15	0.08
3.5 (2.7)	3.6–9.2 (0.8)	6.7 (0.6)	0.12	0.05
0.7 (0.35)	1.4–3.5 (0.55)	После 1.4 (0.35)	0.16	<0.1
Пос. Елецкая				
4 (3.4)	1.0–6.2 (0.6)	4.8 (0.3)	0.21	0.06
3.5 (3.0)	9.7–3.1 (1.15)	7.56 (0.25)	0.27	0.08

(ГИН-10978). Ботанический состав торфа свидетельствует о его формировании в субаквальных условиях, о чем говорит присутствие остатков вахты, осоки и гипновых мхов. Однако присутствие остатков кустарничков и древесины березы говорит о том, что процесс пучения, возможно, уже начался в момент накопления этого прослоя торфа. Принимая во внимание эфемерность миграционных бугров пучения, вероятно, формирование бугра на начальной стадии неоднократно прекращалось и возобновлялось, в современном виде он, очевидно, сформировался только в последнее столетие.

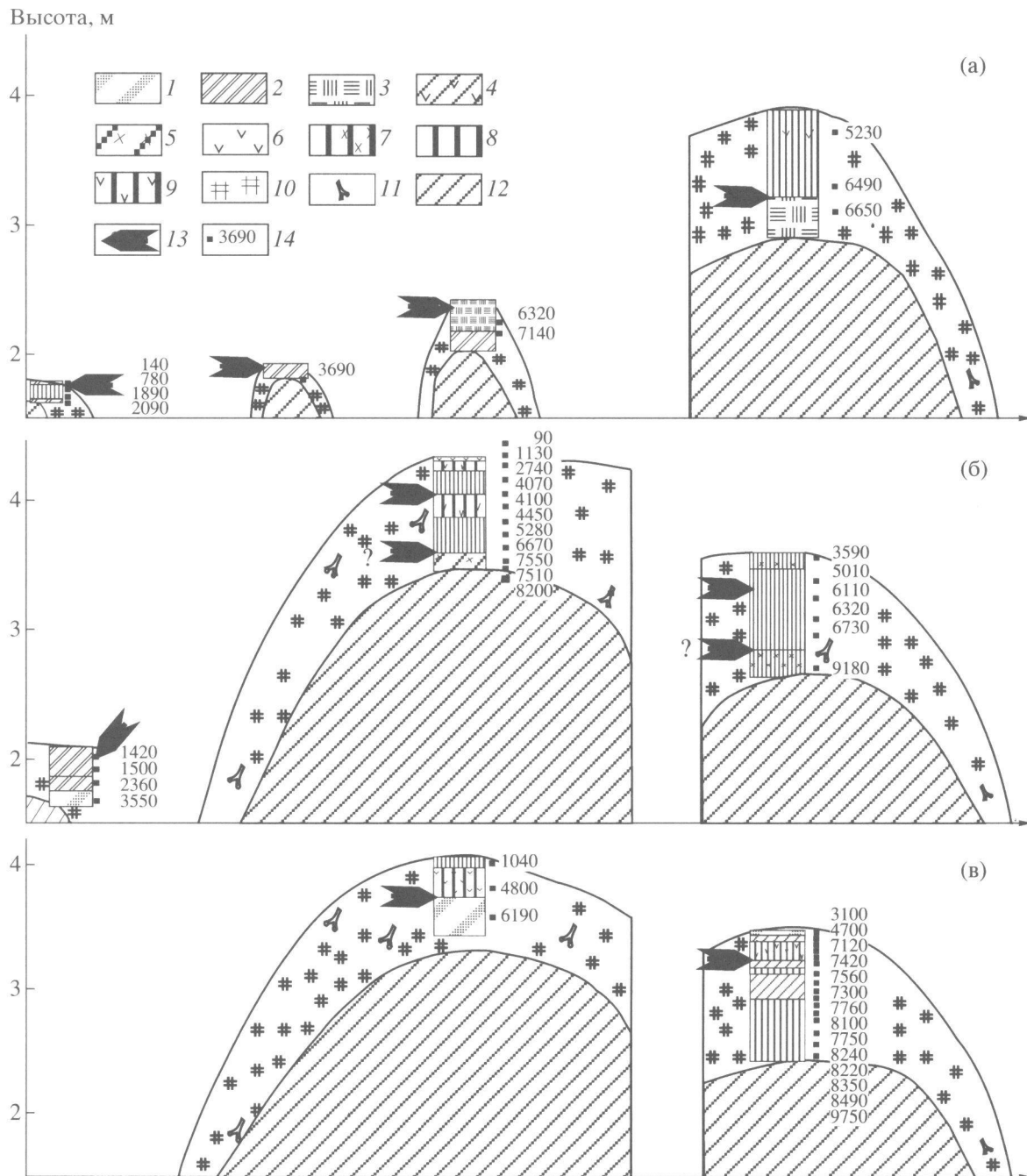
Бугор высотой около 2 м, размером 5 × 13 м (см. рис. 1а) расположен в нескольких метрах к северу от предыдущего. На глубине 0.4 м отмечен травяной низинный торф с включением мелкого песка. В составе торфа встречены остатки березы (кора *Betula* 5%), пушицы (*Eriophorum*), хвоща (*Equisetum* 10%), осоки (*Carex rostrata* 10%), вахты (*Menyanthes trifoliata* 50%), а также остатки злаков и гипновых мхов. Торф датирован 3690 ± 50 лет (ГИН-10979) – вероятно всего, это возраст субаквальной фазы развития торфяника в этой точке. Полученная здесь датировка может относиться исключительно к субаквальной стадии – недостаточная подробность отбора не дает основания с уверенностью определить время перехода от субаквальной стадии к субаэральной, но можно, безусловно, утверждать, что пучение этого бугра произошло не ранее 3700 лет назад.

Бугор высотой 2.5 м, размером 8 × 8 м (см. рис. 1а) расположен в 30–40 м северо-восточнее предыдущего. В разрезе бугра наблюдается смена торфа осокового с участием *Menyanthes trifoliata*, *Carex*

*chordorrhiza*, *S. caespitosa* и гипновых мхов *Polytrichum strictum* торфом, сложенным в основном вахтой *Menyanthes trifoliata*, а также *Carex chordorrhiza*, *Equisetum*. Хотя оба этих прослоя относятся к низинному торфу, смена осокового торфа вахтовым указывает на начавшийся процесс изменения режима водно-минерального питания в интервале 7.1–6.3 тыс. лет назад, а промерзание и пучение происходили здесь не ранее 6 тыс. лет назад.

Бугор высотой около 4 м, размером 7 × 8 м (см. рис. 1а) находится в 100 м восточнее предыдущего. В разрезе этого бугра переход от субаквальной к субаэральной фазе развития можно выделить на глубине 0.8 м. Этот переход, зафиксированный сменой доминирования остатков *Equisetum*, *Menyanthes trifoliata*, остатками древесины березы и кустарничков (*Vaccinium*), характеризующих олиготрофные местообитания, датирован 6650 лет назад (см. табл. 1). Поверхность бугра начала вспучиваться 6.5–6 тыс. лет назад. При этом вахтовый низинный торф сменился древесным торфом с участием остатков сосны, ивы и березы. Скорость накопления торфа в течение субаквальной фазы была весьма велика – 0.6 м/тыс. лет, а скорость накопления торфа субаэральной фазы составила 0.1 м.

Вероятно, близ пос. Уса особенно интенсивно процесс пучения происходил после 6.5–6 тыс. лет назад, и бугры поднялись над поверхностью на 2–3 м, некоторые сформировавшиеся тогда бугры к настоящему времени стали разрушаться. Однако активный процесс пучения возобновился вновь 3.7–2.1 тыс. лет назад и продолжается до настоя-



**Рис. 1.** Разрезы бугров пучения в районе пос. Уса (а), пос. Никита (б) и пос. Елецкая (в). 1 – торф осоковый низинный; 2 – торф осоково-гиновый; 3 – торф низинный вахтовый; 4 – торф травяной низинный; 5 – хвощово-гиновый низинный и 6 – верховой торф; 7 – древесно-хвощовый торф; 8 – древесный торф; 9 – травяно-древесный торф; 10 – торф; 11 – древесные остатки; 12 – суглинок; 13 – предполагаемый момент пучения; 14 – радиуглеродные датировки (лет).

щего времени, поднятие поверхности более молодых бугров составило 0.35–1.6 м.

Бугры у пос. Никита. Здесь распространены как крупные бугры высотой до 5 и даже до 8 м, так и невысокие бугры высотой до 1.5–2 м (см. рис. 1б).

В 0.3 км севернее станции Никита детально изучен бугор высотой 4.7 м. Общая мощность пере-

крывающей бугор торфяной залежи 0.8 м. В разрезе этого бугра прослеживается переход от торфа, сформировавшегося в условиях лесного хвощового болота (интервал глубин 0.8–0.65 м), который датирован 8.2–7.5 тыс. лет назад, к торфу с высоким содержанием остатков деревьев (возможно, указывающих на частичное осушение участка, вероятно, связанное с начавшимся пучением) на

глубине 0.65 м около 7.5 тыс. лет назад. В начале пучения на поверхности бугра наряду с деревьями произрастали осоки *Carex caespitosa*, *C. chordorrhiza*, *C. diandra*, а также хвощи, которые встречаются здесь в межбугровых понижениях, имеющих характер эвтрофных топей. Следовательно, в течение субаэральной фазы, длившейся около 7.5 тыс. лет, накопилось 0.65 м в основном древесного торфа. Вероятно, поднятие поверхности бугра в начальную фазу было достаточно активным и могло достигать примерно 4 м за 1 тыс. лет. Затем скорость роста бугра значительно сократилась и впоследствии составила около 0.08 м/тыс. лет. На глубине 0.25–0.35 м отмечены остатки вахты *Menyanthes trifoliata*, осок (*Carex chordorrhiza*, *C. diandra*), хвоща *Equisetum*, что, видимо, может служить свидетельством частичного протаивания и проседания бугра, которое произошло около 4.5 тыс. лет назад. Впоследствии он вновь восстановился и вырос до современных размеров. Изученный бугор можно считать стационарным: он еще не начал разрушаться, но уже прекратил рост, это подчеркивается развитым лишайниковым покровом на поверхности.

В 1.5 км южнее станции Никита исследовался бугор высотой 3.5 м. Обнажившаяся толща имеет следующее строение: ботанический состав торфа (общая мощность 1.0 м) в разрезе этого бугра свидетельствует о том, что в данном случае, вероятно, произошло пучение поверхности, которая ранее была покрыта древесной растительностью, а затем подтоплена. Поэтому мы относим черный древесно-хвощовый придонный торф с участием *Betula* к фазе подтопления (субаквальной). Эта фаза датируется от 9.2 до 6.7 тыс. лет, в этом временном интервале происходило накопление низинного торфа и отмирание древесной растительности в результате заболачивания этого ранее сухого участка. За это время накопилось 0.2 м торфа. Скорость накопления здесь субаквального торфа составила около 0.1 м за 1 тыс. лет. Формирование бугра произошло 6.7 тыс. лет назад. В течение субаэральной фазы, представленной древесными формами, скорость накопления торфа составила 0.05 м за 1 тыс. лет. Возможно, что примерно 5 тыс. лет назад произошло частичное протаивание бугра, судя по остаткам хвощей в торфе на глубине 0.2–0.3 м, затем бугор вновь восстановился.

В 100 м к северу от описанного выше бугра был исследован небольшой бугор высотой 0.7 м. Он интересен тем, что здесь на основании анализа ботанического состава можно проследить торф, отвечающий этапу колебания поверхности бугра над поверхностью болота, которая началась при смене осокового низинного торфа осоково-гипновым с участием вахты и злаков. Этот переход отмечен на глубине 0.55–0.35 м и датирован 2360–3350 лет назад (см. табл. 1). Практически

ки весь торф, слагающий бугор, накопился в условиях повышенной обводненности, о чем свидетельствует ботанический состав торфа (*Equisetum*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex limosa*, *C. caespitosa*, *C. diandra*, *C. chordorrhiza*, *C. vesicaria*, а также *Calliergon*, *Drepanocladus*). Значит, данный бугор и после 2.3 тыс. лет назад был весьма неустойчив, он, вероятно, неоднократно протаивал и проседал, когда на его месте, вероятнее всего, оставалось лишь невысокое возвышение или кочка, затем бугор вновь промерзал и вспучивался, а после 1.5–1.4 тыс. лет назад это пульсирующее состояние преобразовалось в более стабильное.

Бугры близ пос. Никита имеют различный возраст. Переход от формирования низинного торфа к торфу субаэральной стадии, а следовательно, и пучение исследованных бугров произошло от 7.5 до 6.7 и от 3.3 до 1.4 тыс. лет назад. Пучение, начавшееся 7.5–6.7 тыс. лет назад, привело к подъему поверхности бугров на 4–2.7 м, впоследствии они стабилизировались или очень медленно росли. Продолжающееся сейчас медленное пучение новых бугров, начавшееся 3.3–1.4 тыс. лет назад, привело к поднятию их поверхности не более чем на 0.35–0.7 м.

Бугры у пос. Елецкая. Бугристый торфяник расположен в 1.5 км к северо-востоку от пос. Елецкая. Детально были исследованы несколько бугров пучения.

Первый бугор высотой 4 м, размером 6 × 7 м перекрыт торфом мощностью 1.15 м (см. рис. 1в). Начало пучения и завершение субаквальной фазы развития бугра можно выделить на глубине 0.3 м. Этот период датирован 4.8 тыс. лет назад. Последующая субаэральная фаза длилась менее 5 тыс. лет, и торф с *Vaccinium* sp., *Chamaedaphne calyculata* и *Carex vesicaria* накапливался со скоростью 0.06 м/тыс. лет.

Ботанический состав торфа в разрезе бугра высотой 3.5 м (перекрытого торфом мощностью 0.9 м) свидетельствует о том, что поверхность вначале была покрыта древесной растительностью (*Betula*), а затем была подтоплена (о чем свидетельствуют остатки *Equisetum*). В интервале глубин 0.25–1.15 м нами выделен торф субаквальной фазы – фазы развития низинного лесного болота. В результате субаквального развития древесный торф сменился низинным травяным (*Menyanthes trifoliata*, *Carex diandra*, *C. chordorrhiza*). Эта фаза датируется от 9.7 до 7.56 тыс. лет. Формирование бугра, вероятно, произошло 7.5 тыс. лет назад, а скорость накопления торфа субаквальной фазы составила 0.27 м/тыс. лет. В течение последующей субаэральной фазы скорость накопления торфа составила 0.08 м/тыс. лет. На вершине бугра также отмечен осоковый торф низинного типа, что может быть свидетельством частичного протаивания бугра в интервале около 4.7–3.1 тыс.

лет назад. Можно предполагать, что особенно интенсивно процесс пучения близ пос. Елецкая происходил 7.7–6.2 тыс. лет назад, бугры поднялись над поверхностью на 3–3.4 м.

Вероятно, особенно интенсивно начало процесса пучения в целом в долине р. Уса могло произойти от 7.5 до 6.2 тыс. лет назад. Заметное повышение летних температур воздуха, отмечавшееся в это время, способствовало некоторому осушению верхней части болотных массивов, которое в свою очередь вело к началу промерзания и пучения на поднявшихся над зеркалом воды участках. Затем некоторые бугры могли частично протаивать, другие продолжали медленный рост или находились в стабильном состоянии. Существенная активизация пучения произошла 3.7–1.4 тыс. лет назад, когда, вероятно, вследствие дренажа обводненных участков стали активно формироваться более молодые бугры, рост которых продолжается вплоть до настоящего времени. На некоторых осушающихся участках зарождение новых бугров происходит и в настоящее время.

Очевидно, процессы пучения обусловлены как общеклиматическими изменениями, так и локальными факторами, и даже в пределах одного и того же массива скорости накопления торфа мо-

мент пучения и длительность субаэральная и субаквальной фаз могут не совпадать, хотя на большом массиве данных выделяются этапы интенсивного пучения и время затухания процессов пучения. Поверхностная термокарстовая переработка ранее сформировавшихся бугров приводит к абразии и проседанию части из них, а последующий дренаж массива завершается формированием молодых бугров – новообразований.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 02-05-64177, 02-05-64991, 00-05-64756, 01-05-02004БНТСа), научных школ (00-15-98505).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов А.И. Вечная мерзлота в Западной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 230 с.
2. Евсеев В.П. Проблемы криолитологии. М.: Изд-во МГУ, 1976. Вып. 5. С. 95–159.
3. Васильчук Ю.К., Лахтина О.В. Формирование мерзлых пород и прогноз криогенных процессов. М.: Наука, 1986. С. 123–128.
4. Vasil' chuk Yu.K., Vasil' chuk A.C. // Radiocarbon. 1998. V. 40. № 1. P. 895–904.
5. Пьявченко Н.И. Бугристые торфяники. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 279 с.
6. Zuidhoff F.S., Kolstrup E. // Permafrost and Periglac. Proc. 2000. V. 11. № 1. P. 55–69.