

## ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ СЕВЕРНОГО ВЕРХОЯНЬЯ: ГЕОХРОНОЛОГИЯ, ВОПРОСЫ ИХ ГЕНЕЗИСА

К. Зигерт<sup>1</sup>, А.И. Сергеенко<sup>2</sup>, Л. Ширмейстер<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт морских и полярных исследований им. Альфреда Вегенера (AWI), Потсдам, Германия

<sup>2</sup>Институт геологии алмаза и благородных металлов (ИГАБМ) СО РАН, Якутск

В статье изложены первые результаты датирования отложений позднего квартера из двух районов Северного Верхоянья. Было получено 35 дат методом AMS C-14. Датированию подверглись фрагменты растительных остатков, извлеченных из аллювиальных и нивальных отложений. Полученные датировки охватывают интервал времени от 48 тыс. лет до современности.

Ключевые слова: горы Северного Верхоянья, отложения позднего квартера, радиоуглеродный возраст, нивальные отложения, аллювий, ледовый комплекс

### Введение

В последние десятилетия было получено много данных о возрасте и условиях формирования плейстоценовых отложений северной Евразии, позволяющие по-новому рассмотреть историю оледенения и развития окружающей среды в этом регионе [Hubberten et al., 2004; Svendsen et al., 2004; Stauch et al., 2007; Зигерт и др., 2007; Astakhov, 2008]. Особенно подробно были изучены отложения низменных территорий, примыкающих к Северному Верхоянью. На основе мультидисциплинарных исследований, обусловивших получение большого количества данных по их абсолютному возрасту, удалось раскрыть особенности развития окружающей среды для этой территории, характера осадконакопления и криогенеза в позднем неоплейстоцене [Schirmermeister et al., 2002; Kienast et al., 2005; Sher et al., 2005; Зигерт и др., 2009]. Однако, для четвертичного покрова горной части этого региона данные по абсолютному возрасту до последнего времени практически отсутствовали. Лишь для четвертичных отложений Хорогорской впадиной были получены подробные сведения о их строении и абсолютном возрасте [Grosse et al., 2007].

При разработке легенды северной части Хараулах-Тарасалинской серии листов Государственной геологической карты масштаба 1:50000 (1991–1993 гг.) были проведены исследования кайнозойских отложений Северного Верхоянья. На основе геоморфо-

логического положения, литологического строения разрезов, данных палинологического анализа и находок мамонтовой фауны, была составлена новая стратиграфическая схема четвертичных отложений изученной территории [Сергеенко и др., 2004]. Не представлялось тогда возможным получить в полном объеме необходимых абсолютных датировок для изученных отложений. Палинологические данные оказались относительно однотипными, указывающими то на существование кустарниковой тундры с произрастанием деревьев в благоприятных локальных условиях, то на ландшафты с преобладанием тундростепных растительных ассоциаций. Стратиграфическая классификация некоторых разрезов осталось по-прежнему под вопросом. Так как большая часть отобранных для лабораторных исследований образцов сохранилась, и многие из них содержали прекрасно сохранившиеся растительные остатки, нам удалось получить первую представительную серию радиоуглеродных данных для четвертичных отложений в горной части этой территории, а также в его непосредственном обрамлении, которая представлена в настоящей статье.

### Районы исследования

Северное Верхоянье (Хараулахский хребет) протягивается в северном направлении на 350 км, его высота понижается с юга на север от 1400

до 400 м. В настоящее время в регионе при континентальном климате господствует тундровая растительность. Горная область характеризуется разнообразием рельефа. Русанов и др. [1967] выделяют денудационно-тектонические горы, денудационные равнины и плато, указывают на широкое развитие нагорных террас на водоразделах. За последние годы собраны многие данные, свидетельствующие о значительной роли нивальных процессов в формировании рельефа низкогорной части региона [Куцницкий, 1989; Galabala, 1997; Kunitsky et al., 2002]. Ясные признаки деятельности ледников в рельефобразовании не выражены. Интерпретация М.Г. Гросвальдом и В.Б. Спектором [1990] деформаций коренных пород в окрестности оз. Севастьян как гляциодеформации не подтверждается. Петрографическое исследование образцов из деформированных пород этой территории однозначно выявили, что породы милонитизированы и, несомненно, подвергались тектоническим деформациям. Это согласуется с высокой сейсмотектонической активностью этой территории [Патык-Кара, Коршуев, 1990; Имаев и др., 2000; Имаева и др., 2007].

В пределах Северного Верхоянья располагаются выраженные в рельефе впадины долготного простирания (Кенгдейская, Согинская, Кунгинская, Быковской протоки и др.), выполненные мощными палеоценовыми и эоценовыми осадками [Галабала, 1983; Сергеенко, Прокопьев, 2010]. Многочисленные сбросы, фиксируемые вдоль западного берега губы Буор-Хая, обрамляют молодые впадины (Хорогор, Севастьян и др.), в которых непосредственно на коренных породах залегает покров поздне-неоплейстоценовых и голоценовых отложений [Grosse et al., 2007].

По особенностям проявления современных геодинамических процессов в районе исследования выделяются две структурно-фациальные зоны: Хараулахская (одноименный хребет), характеризующаяся преимущественным поднятием территории, и Буорхайнская, которая протягивается в прибрежной части моря Лаптевых и отличается преимущественным опусканием (рис. 1). Датирование проводилось для отложений представительных участков обеих структурно-фациальных зон.

### Методы исследования

Для определения абсолютного возраста были выбраны разрезы в трех типичных участках региона (см. рис. 1). Особенное внимание уделялось разрезам водораздельных областей, так как их классификация вызвала наибольших сомнений. Растительные остатки для датирования отбирались

под стереомикроскопом из образцов, хранившихся в воздушно-сухом состоянии. Большинство растительных остатков имело свежий облик и состояло из стебельков и корешков трав, обломков кустарничков и их листьев, веток мха, разных семян.

Определение радиоуглеродного возраста проводилось методом ускорительной масс-спектрометрией (AMS) в лаборатории радиометрического датирования и исследования стабильных изотопов университета Киль, (Германия) и в лаборатории радиоуглеродного датирования в Познани (Польша). Кроме того, имеются некоторые датировки, полученные ранее по крупным древесным остаткам, выполненные классическим методом радиоуглеродного датирования в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте (ДВО РАН), Магадан. Расчет абсолютного возраста производилось при помощи радиоуглеродной калибровочной программы CALIB Rev 7.0.2 [Stuiver, Reimer, 1993; Reimer et al., 2013].

### Результаты

Имея первую представительную серию данных абсолютного возраста для региона исследования (табл.) мы попытались сопоставить их со стратиграфической схемой, опубликованной впервые Сергеенко и др. [2004] и в легко исправленной виде после получения первых возрастных данных [Имаева и др., 2007; Сергеенко и др., 2011]. Оказалось, что стратиграфическая классификация, обоснованная на принципе высотного положения предположительно аллювиальных террас в районах исследования часто не приемлема. Высотное положение четвертичного покрова Хараулахской структурно-фациальной зоны, которая находится под влиянием молодых активных сейсмотектонических процессов и перигляциального рельефобразования, очевидно, нельзя принимать в качестве основы для оценки их возраста. Об этом свидетельствуют представленные ниже разрезы отложений трех участков, для которых произведено радиоуглеродное датирование.

#### *Элиденский участок*

*Мыс Оголох-Тумса.* В береговых обрывах на мысе Оголох-Тумса (рис. 2 А) четвертичные отложения залегают непосредственно на коренных породах в виде элювиального щебнистого слоя мощностью около 0,3 м. Высота коренного цоколя над уровнем моря составляет 10 м. Отложения представлены сильно льдистыми суглинками (алевритами с примесью песчаного материала), обогащенными растительными остатками (стебельки и корешки трав, ветки мхов, мелкие обломки

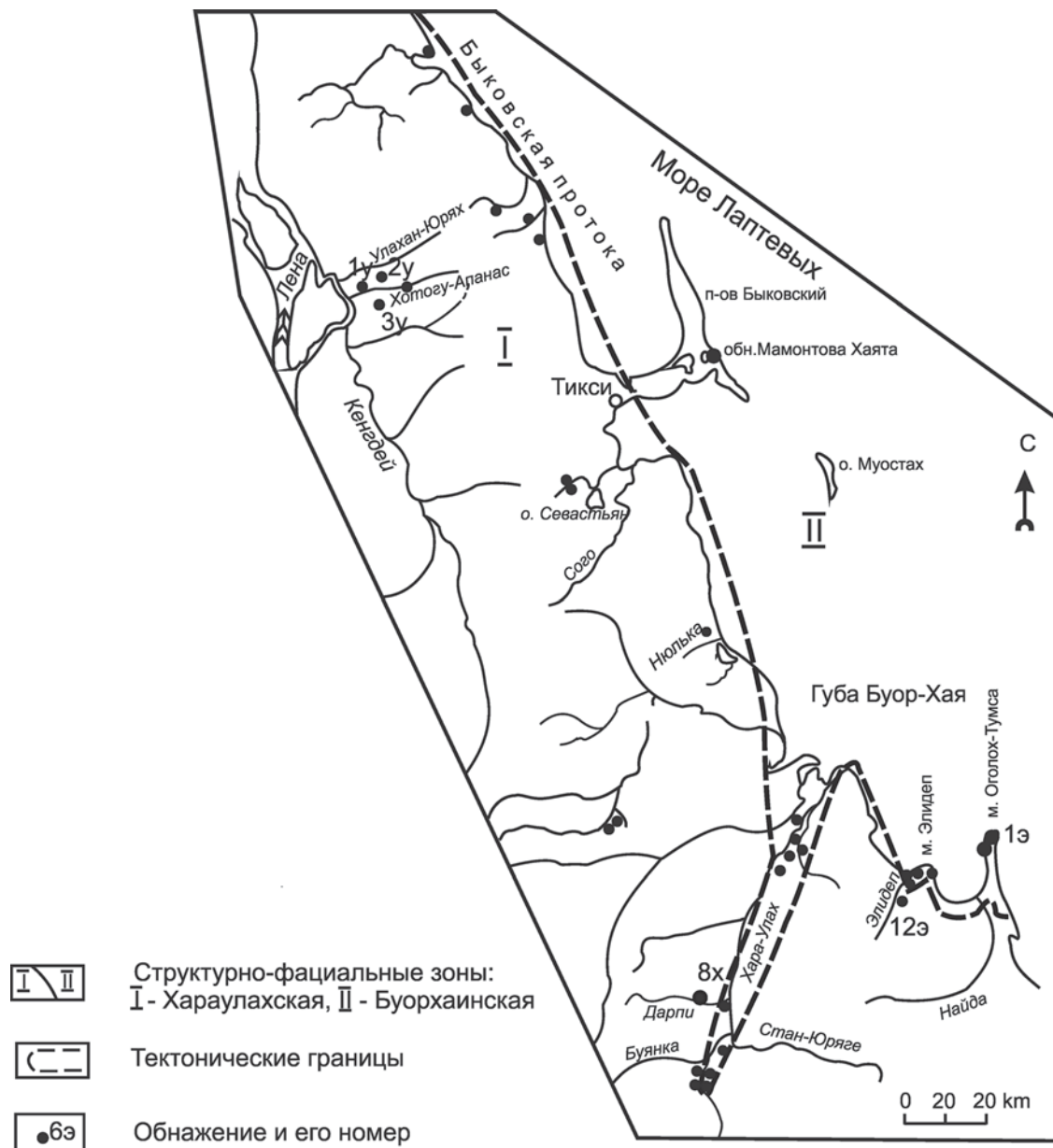


Рис. 1. Карта Северного Верхоянья с расположением разрезов четвертичных отложений.

кустарничков). На некоторых уровнях суглинки включают прослой торфа. Вслед за П.А. Соловьевым [1959] мы называем эту толщу, содержащую мощные жильные льды, ледовым комплексом. По полученным датировкам накопление отложений на мысе Оголох-Тумса происходило в позднем неоплейстоцене, началось более чем 48 тыс. лет назад<sup>1</sup> и продолжалось до голоцена (табл.). Однако так как средняя часть разреза закрыта осыпями, остается нерешенным вопрос, был ли перерыв в накоплении этой толщи перед формированием верхней части разреза, для которой получены возраста от  $19\,012 \pm 124$  до  $3065 \pm 35$  л.н. По строению, возрасту и палинологическим характери-

кам отложения, вскрытые на мысе Оголох-Тумса сопоставимы с отложениями ледового комплекса, подробно изученными в обнажении «Мамонтова Хаята» на п-ве Быковский [Schirrneister et al., 2002; Сергеенко и др., 2007; Зигерт и др., 2009].

Территория полуострова, северным краем которого является мыс Оголох-Тумса, относится к континентальной окраине Буорхайнской структурно-фациальной зоны и представляет предгорную аккумулятивную равнину, реликты которой прослеживаются к северу вдоль западного побережья губы Буор-Хая, на о. Муостах и

<sup>1</sup>Здесь и дальше в тексте приводятся <sup>14</sup>С-возраста.

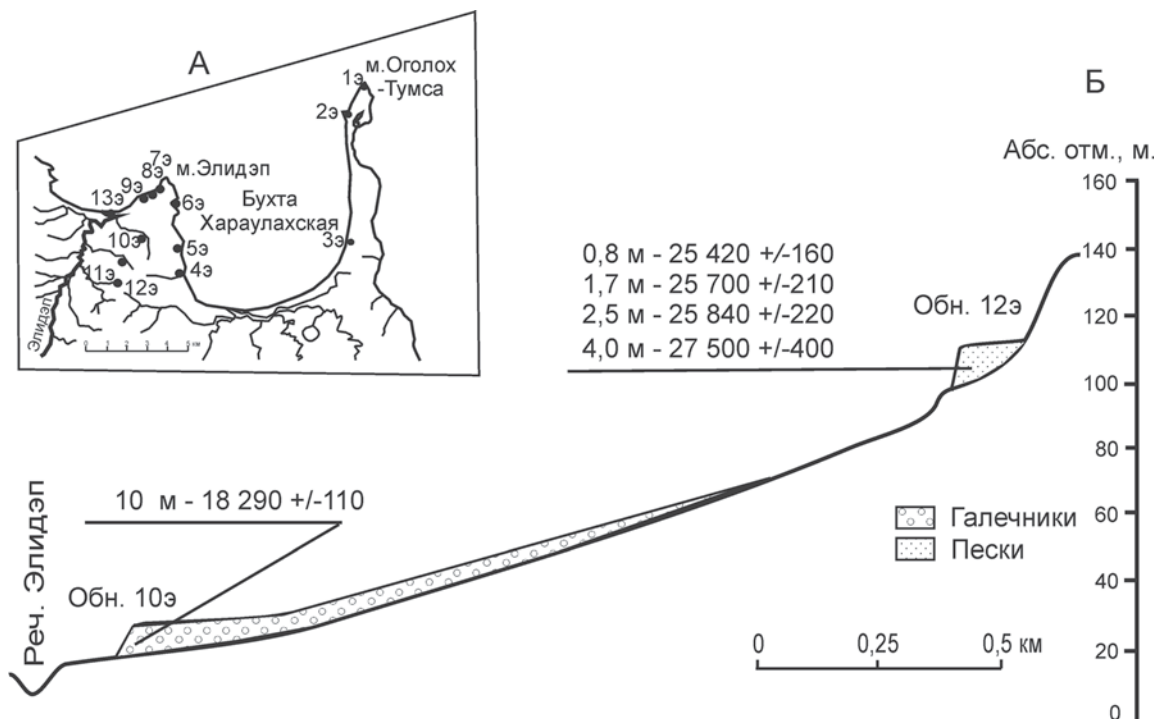
Таблица. Радиоуглеродные датировки четвертичных отложений Северного Верхоянья и прилегающего предгорья

№	Лаб.№	№ Образца	Место отбора образца	№ обнажения	Глубина отбора, м	<sup>14</sup> C-возраст л. н.	Калибр. возраст л.н. (2 σ)
1	Poz-49430	OT-24	Мыс Оголох-Тумса	1э	0,2	3065 ± 35	3207–3361
2	Poz-49431	OT-26		1э	0,5	5420 ± 40	6177–6300
3	KIA29858	OT-23		1э	1,0	8398 ± 36	9392–9496
4	KIA29857	OT-20		1э	4,0	19 012 ± 124	22 530–23 276
5	KIA29856	OT-17		1э	12,0	42 450 + 850/-780	44 216–47 522
6	Poz-49432	OT-28		2э	13,0	>47 000	
7	Poz-49429	OT-10		2э	14,0	>47 000	
8	KIA29855	OT-11		2э	15,0	48 270 +3500/-2460	
9	MAG-1443	ЭЗ-27	Западный склон гор Элидеп	10э	8,0	36 300 ± 2000	36 205–43 901
10	Poz-49436	ЭЗ-24		10э	10,0	18 290 ± 110	21 873–22 407
11	KIA29861	ЭЗ-56		12э	0,8	25 420 ± 160	29 027–30 035
12	Poz-49435	ЭЗ-54		12э	1,7	25 700 ± 210	29 336–30 531
13	Poz-49433	ЭЗ-52		12э	2,5	25 840 ± 220	29 478–30 662
14	Poz-36391	ЭЗ-57		12э	4,0	27 500 ± 400	30 837–32 415
15	Poz-49444	AM-12	руч. Мрачный	3у	1,8	19 180 ± 100	22 823–23 450
16	Poz-36394	AM-10		3у	2,7	20 640 ± 170	24 372–25 328
17	Poz-49442	AM-6		3у	4,7	24 200 ± 175	27 850–28 630
18	Poz-49445	AM-1		3у	5,8	24 470 ± 140	28 150–28 815
19	Poz-49440	AB-11	руч. Врезанный	2у	2,0	925 ± 30	781–924
20	Poz-49439	AB-8		2у	3,2	1040 ± 30	918–990
21	Poz-36393	AB-7		2у	3,6	1290 ± 35	1175–1295
22	Poz-49441	AX-2	руч. Хмурый	1у	3,8	850 ± 35	687–800
23	MAG-1438	A-1a	руч. Хотугу-Апанас	4у	0,3	8090 ± 100	8644–9290
24	MAG-1439	A-1в		4у	0,3	8850 ± 290	9252–10 704
25	KIA29859	ДП-1	Долина притока реч. Дарпи	8х	6,0	5527 ± 46	6273–6408
26	Poz-49437	ДП-2		8х	6,5	8130 ± 50	8992–9153
27	MAG-1442	ДП-3		8х	8,0	6500 ± 30	7410–7471
28	Poz-36392	ДП-7		8х	11,5	16 700 ± 110	19 857–20 468
29	KIA29860	ДП-9		8х	12,5	17 290 ± 90	20 584–21 132
30	Poz-49438	ДП-10		8х	12,7	23 680 ± 180	27 480–28 122
31	Poz-49447	X-8	р. Хара-Улах	1х	0,6	325 ± 25	346–464
32	Poz-49446	X-2		1х	3,5	12 300 ± 60	14 044–14 649
33	Poz-49451	X-119		13х	0,8	современный	
34	Poz-49448	X-108		12х	1,0	7970 ± 50	8682–8996
35	Poz-49450	X-110		12х	2,8	7985 ± 35	8715–8999

Примечание: KIA – лаборатория радиометрического датирования и исследования стабильных изотопов университета Киль, (Германия); Poz – лаборатория радиоуглеродного датирования, Познане (Польша); MAG – Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт (ДВО РАН), Магадан

п-ове Быковский. В строении четвертичной толщи, изученной на о. Муостах и на п-ове Быковском доминируют отложения ледового комплекса повышенной мощности (до 47 м), низы которых вскрыты скважинами в береговых зонах губы Буорхая [Иванов, Катасонова, 1978; Куницкий, 1989]. По имеющимся датировкам [Schirmer

et al., 2002, 2011; Зигерт и др., 2009; Strauss et al., 2015; Meyer et al., 2016] накопление отложений ледового комплекса происходило здесь также в позднем неоплейстоцене. По расчетам, базирующим на более 70 данных абсолютного возраста для разреза «Мамонтова Хаята» можно предположить, что накопление ледового комплекса



**Рис. 2.** Схема участка м. Элидеп

А – расположение изученных разрезов на участке Элидеп; Б – схема соотношения разрезов отложений с данными радиоуглеродного возраста.

здесь начиналось около 80 тыс. лет назад [Meuget et al., 2002]. Повышенная мощность толщи ледового комплекса и залегание его нижней части под уровнем моря объясняется тектоническим опусканием этой территории в позднем неоплейстоцене и повышением уровня моря, происходящем после распада плейстоценового покровного оледенения [Vauch et al., 2001]. Сохранившаяся поверхность пригорной аккумулятивной равнины, верхняя часть которой сложена ледовым комплексом, характеризуется четко выраженным полигональным рельефом и широким проявлениями термокарстовых процессов.

*Береговые зоны юга Хараулахского пролива, мыс Элидеп.* В береговых обрывах южной части Хараулахского пролива (рис. 2 А, обн. 3э) и мыса Элидеп (обн. 4э–7э, 9э) были вскрыты грубообломочные щебнисто-галечные отложения повышенной мощности (до 20м), заполняющие древние долины. Местами галечно-щебнистые отложения перекрываются маломощным слоем льдистых алевритов. Обращает на себя внимание, что в настоящее время сохранились лишь погребенные долины верховьев палеречек тальвеги которых погружаются под уровень моря. Особенности залегания этих отложений, по-видимому, обусловлены их формированием на северных оконечностях молодой впадины, в которой до настоящего

времени проявляются активные сейсмотектонические процессы [Имаева и др., 2007].

*Бассейн р. Элидеп.* Аналогичные мощные щебнисто-галечные отложения были вскрыты также в обнажении 10э на первом правом притоке р. Элидеп (рис. 2А.). В этой толще, на глубине 10 м по мелким растительным остаткам свежего облика была получена дата 18 290 ± 110 л.н. Этой дате не противоречит возраст 36 300 ± 2000 л.н., установленный для древесины на восьмиметровой глубине той же толщи, которая, очевидно, является переотложенной (см. табл.).

Четвертичные отложения другого типа были изучены в обн. 12э, в верховье третьего правого притока р. Элидеп на высоте 100 м над уровнем моря (рис. 2 Б). Эта 5–6-метровая толща песчаных отложений, заполняющая амфитеатровидный (циркообразный) участок в самом верховье ручья, прослеживается на протяжении 80 м при ширине около 50 м. Ниже приводится разрез обн. 12э (сверху вниз):

0–0,5 м – Свал, растительный слой, торф  
 0,5–5,5 м – Пески серые, горизонтально слоистые. Слоистость имеет незначительный уклон к тальвегу ручья. Мощность слоев в толще песка 5–6 см. В нижней части слоя – это крупнозернистые светло-серые пески с высоким содер-

жанием слабо окатанных обломков осадочных пород, в средней – среднезернистые серые пески, в верхней – алевритистые пески, темно-серые, обогащенные растительными остатками (преобладают корешки и стебельки трав). Мощность отдельных слоев составляет 1–2 см.

с 5,5 м – Коренные породы – алевролиты, песчаники.

Полученные возрастные данные свидетельствуют о накоплении песчаной толщи в последней фазе каргинского интерстадиала (МИС 3) – от 28 тыс. до 25 тыс. л.н. (см. табл.). Морфологические особенности участка, все свойства выше охарактеризованных отложений и характер их распространения указывают на то, что они образовались под влиянием нивальных процессов, связанных с наличием навесных снежников.

### Улахан-Юрхский участок

На севере Хараулахской структурно-фациальной зоны, в приводораздельной части низкогорного Хараулахского хребта были изучены четвертичные отложения, сходные по строению и условиям залегания с изученными на Элидепском участке. При составлении первой стратиграфической схемы отложения, вскрытые в обнажениях 2у и 3у (рис. 3), также как и выше охарактеризованные отложения из обнажения 12э на Элидепском участке, относились к улаханюрхской свите. Возраст отложений условно определялся как средний неоплейстоцену [Сергеенко и др., 2004]. Основой для этого послужили находки остатков мамонтовой фауны, а также гипсометрическое положение. Данные абсолютного возраста не подтвердили это предположение, а показали, что эти отложения значительно моложе и даже разновозрастные.

В *верховьях реч. Мрачный*, левого притока реч. Хотугу-Апанас (рис. 3), прослеживается ареноподобное расширение (0,5×1 км) заполненное преимущественно песчаными отложениями. Мощность этих отложений, перекрывающих коренные породы, на абс. отметке 150 м составляет 3–5 м, ниже по склону на абс. отметке 125 м она достигает 6–8 м. Следует отметить, что в современной долине ручья ниже по течению от песчаной толщи (абс. отметка 125 м) прослеживается «регрессивный порог» (участок тальвега с повышенным уклоном).

Вскрытые в *обнажение 3у* пески серые, среднезернистые, неяснослоистые, обогащены растительными остатками, залегают субгоризонтально. Встречается рассеянный («плавающий») окатанный гравий местных пород (алевролиты, реже песчаники), а песчаные фракции содержат

слабо окатанные обломки этих пород. Отмечаются отдельные прослои (3–5 см) гравийников с желтовато-серым крупнозернистым песчаным заполнителем. В нижних частях разреза характерны так называемые «сушенцы» – отложения, состоящие из одного гравия. Общая мощность, вскрытых осадков составляет 5 м.

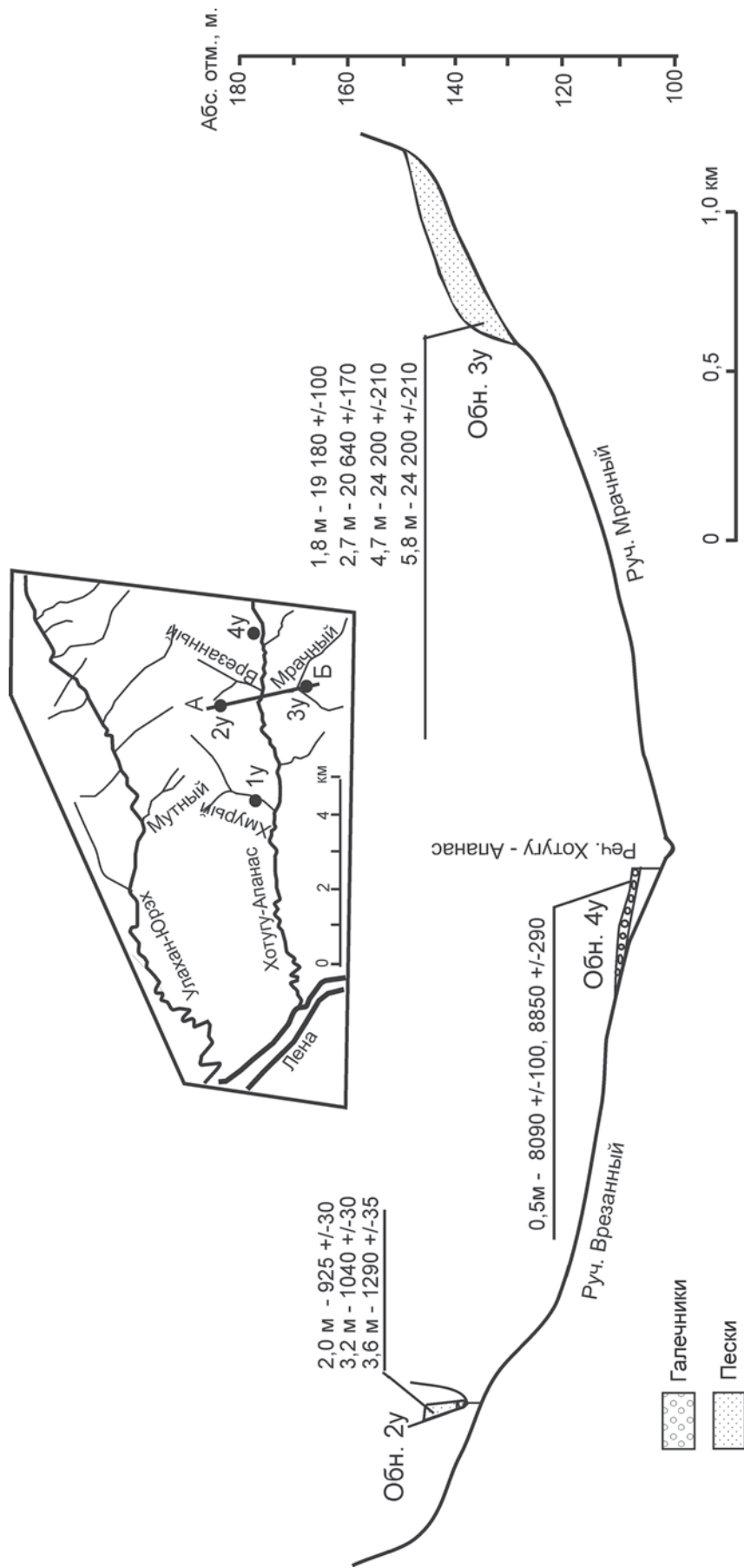
Полученные из песчаных отложений даты свидетельствуют о их накоплении в период от 24 тыс. до 19 тыс. л.н. Таким образом, эти отложения лишь немного моложе чем те, которые изучались в водораздельной области р. Элидеп (обн. 12э).

Отложения, которые раньше [Сергеенко и др., 2004] относились к улаханюрхской свите (Q<sub>II</sub>), были вскрыты в *верховьях реч. Врезанной* (обн. 2у, рис. 3). В этом разрезе, на абсолютной высоте 135 м на коренных породах залегают галечники мощностью 0,5 м. Их перекрывает толща мощностью 4,5 м, сложенная песками в переслаивании с алевритами, обогащенными растительными остатками. Песчаные фракции содержат много обломков местных коренных пород. На разных уровнях прослеживаются маломощные гравийно-галечные прослои. Полученные датировки (1290 ± 35, 1040 ± 30 и 925 ± 30 л.н.) свидетельствуют о их образовании в позднем голоцене.

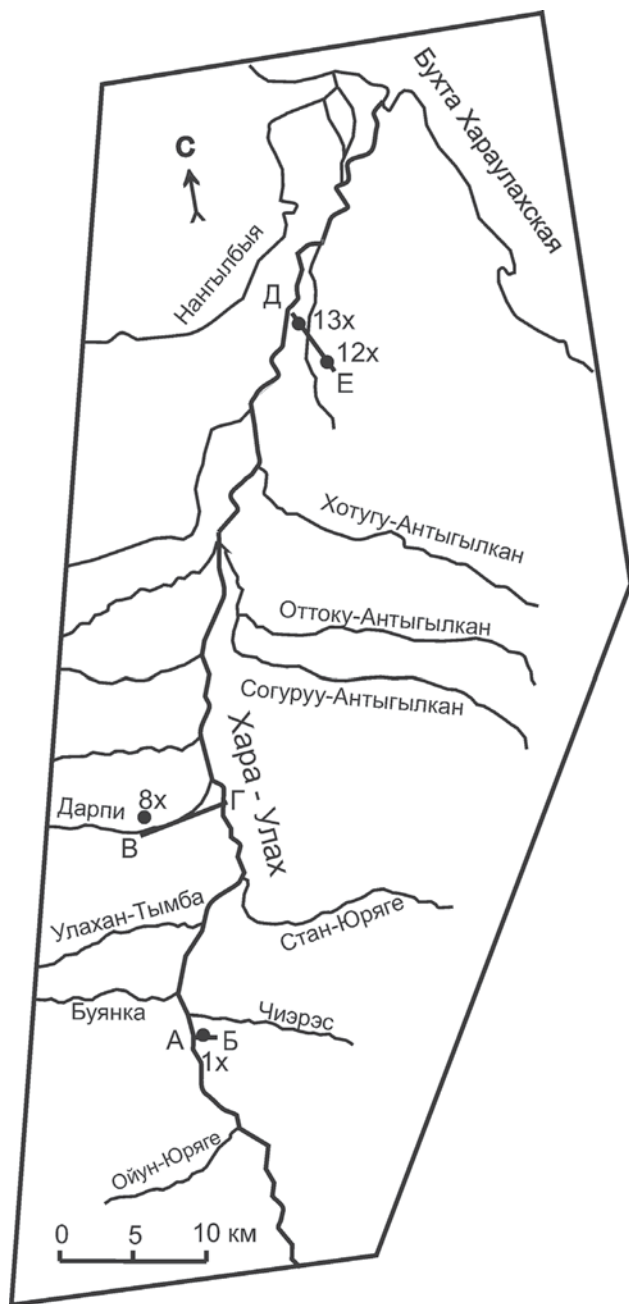
Отложения в *долине реч. Хмурый* (обн. 1у), которые относились раньше к позднему неоплейстоцену (Сергеенко и др., 2004), накапливались как и отложения в обнажении 2у на руч. Врезанный в позднем голоцене. На глубине 3,8 м от поверхности получен возраст 850 ± 33 л.н. Датировки 8090 ± 100 и 8850 ± 290 л.н., полученные по крупным древесным остаткам из опесчаненных галечников, перекрывающих коренные породы в долине р. Хотугу-Апанас (обн. 4у, рис. 3) по нашему мнению, не соответствует возрасту этих отложений. Древесные остатки являются, по-видимому, переотложенными и свидетельствуют о том, что в начале голоцена – в период голоценового климатического оптимума, древесная растительность распространялась и в регионы Хараулахских гор, в которых в настоящее время господствует горная тундра.

### Хараулахский участок

На Хараулахском участке отложения позднего неоплейстоцена были установлены в узкой эрозионной долине первого правого притока реч. *Дарты* (рис. 4, обн. 8х). Циклично построенные гравийно-песчаные отложения темно-серого цвета, мощностью 20 м и подстилающие их галечники мощностью 2–3 м, слагают эрозионно-аккумулятивную террасу. Циклиты, мощностью 5–7 см, имеют трансгрессивное распределение обломочного ма-



**Рис. 3.** Расположение разрезов отложений на участке Улахан-Юрях (врезка) и схема соотношений отложений по профилю А-Б с данными абсолютного возраста.



**Рис. 4.** Карта Хараулахского участка с расположением разрезов с датированными четвертичными отложениями в бассейне среднего и нижнего течения р. Хара-Улах.

териала. Низы представлены гравийниками с мелкой галькой средней окатанности, состоящих из местных пород (алевролитами, аргилитами, песчаниками). Вверх по разрезу крупность материала уменьшается до крупнозернистых песков в средней части, а в верхней до мелкозернистых песков и алевритов. Слои имеют незначительный уклон (2–4°) в сторону тальвега современной долины. По

имеющимся датировкам накопление этой толщи начиналась около 24 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н. и продолжалось, возможно с перерывами, до голоцена.

Особенности строения и состава отложений, позволяют предполагать, что они накапливались в подпрудном водоеме, питание, которого осуществлялось, по-видимому, водами тающих снежников, распространенных в водосборной области ручья. Спуск озера происходило, скорее всего, под влиянием сейсмо-тектонических процессов, возможно, в период образования Хараулахской впадины.

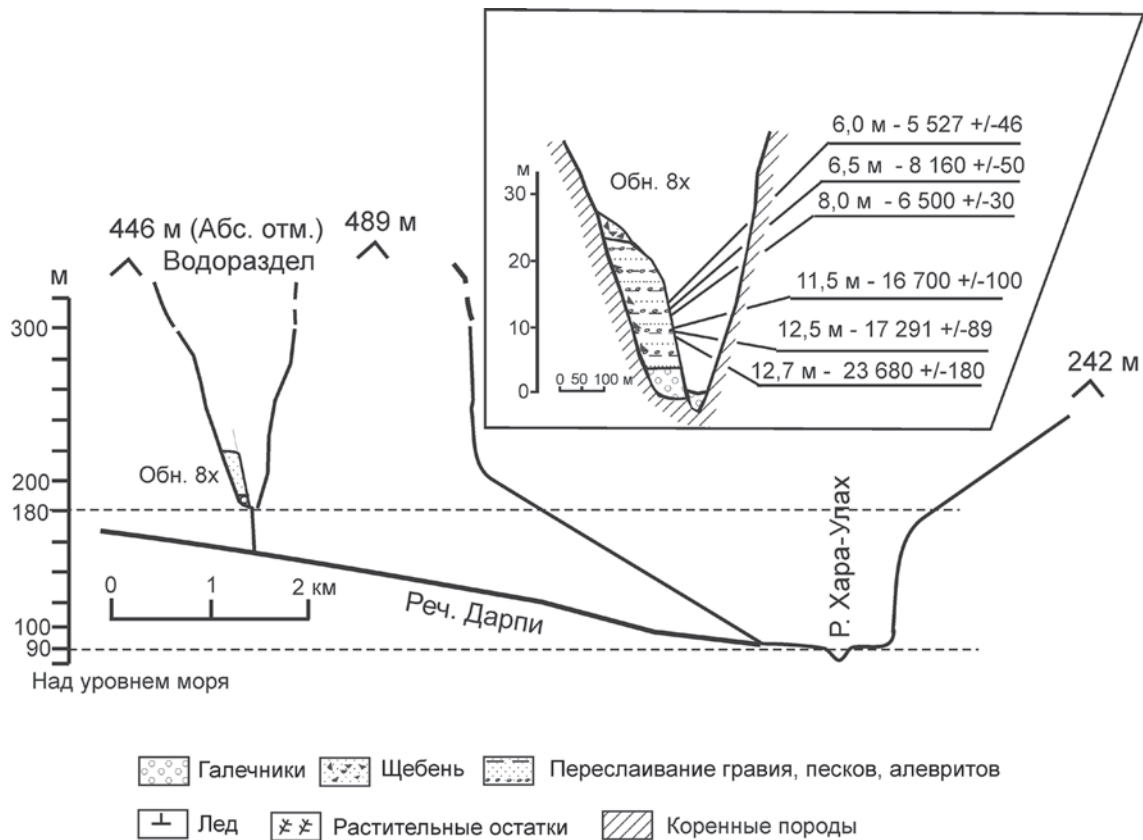
Как видно из схемы строения надпойменной террасы р. Хара-Улах по поперечному профилю А–Б (рис. 5, 6), расположенном выше устья р. Дарпи (рис. 4), накопление галечно-песчаных отложений аллювиальной толщи началось здесь в конце плейстоцена около 12 тыс. л.н. и продолжалось до конца голоцена. Сильно льдистые отложения с полигонально-жильными льдами, отвечающие по криогенному строению ледовому комплексу, распространенные на надпойменной террасе в низовьях Хара-Улах (рис. 7), образовались в раннем голоцене. Таким образом, геохронологические данные показывают, что осадконакопление в долине р. Хара-Улах началось как и в Хорогорской впадине в переходном периоде от плейстоцена до раннего голоцена и продолжается до настоящего времени.

### Заключение

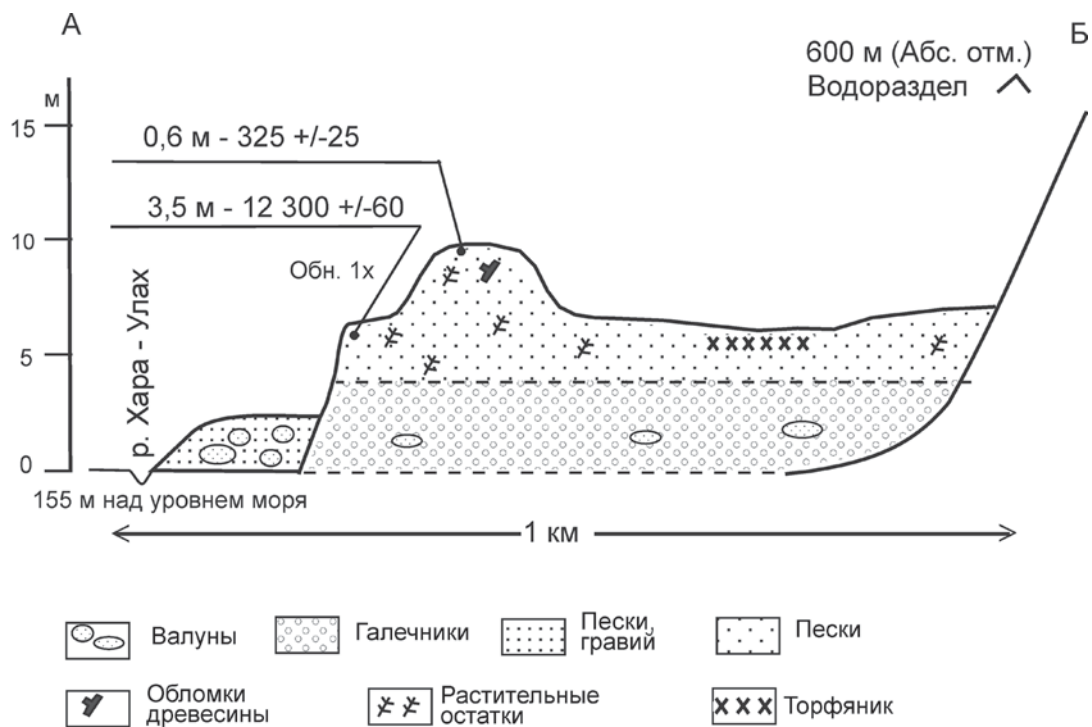
Радиоуглеродное датирование методом ускорительной масс-спектрометрией (АМС) позволило впервые в значительных объемах (35 датировок) провести определение абсолютного возраста четвертичных отложений Северного Верхоянья. Полученные результаты показали, что четвертичные отложения в изученных районах относительно молодые, их аккумуляция началась лишь во поздней фазе каргинского интерстадиала (МИС 3). В пределах Хараулахской структурно-фациальной зоны (Хараулахские горы) возраст четвертичные отложения выявлены в диапазоне от около 28 тыс. л.н. до настоящего времени, а в непосредственно прилегающей территории предгорной равнины – от около 48 тыс. л.н. до голоцена.

Изученные отложения в двух водосборных регионах Хараулахских гор были приурочены к формам рельефа (циркообразные участки, переходящие в террасовидные поверхности), которые свидетельствует о их накопление под влиянием нивальных процессов, связанных с навесными снежниками. По полученным возрастным данным эти процессы были особенно распространены в последней фазе каргинского интерстадиала (МИС 3) и в начале сартанского стадиала (МИС 2), а также в позднем голоцене.

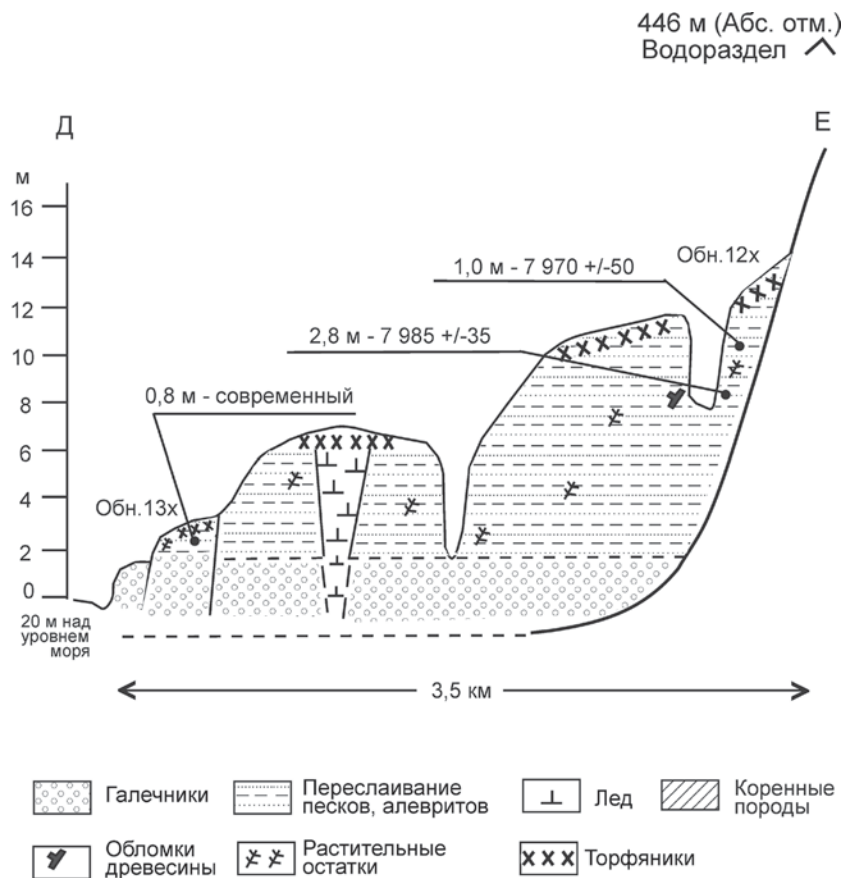




**Рис. 5.** Геоморфологическая схема по поперечному профилю В-Г в бассейне среднего течения р. Хара-Удах. На врезке: строение разреза обн. 8х в долине первого левого притока реч. Дарпи с данными радиоуглеродного возраста.



**Рис. 6.** Схема соотношений четвертичных отложений в долине среднего течения р. Хара-Улах по профилю А-Б, вблизи приустьевой части притока Чиэрэс.



**Рис. 7.** Схема соотношений четвертичных отложений по профилю А–Б в долине нижнего течения р. Хара-Улах, 15 км выше устья.

В сходное время началось также накопление толщи отложений, изученных в долине р. Дарпи (бассейне р. Хара-Улах), отличающихся четко выраженным ритмично-слоистым строением общей мощностью 20 м. Их аккумуляция происходила, предположительно, в подпрудном водоеме, питание которого осуществлялось снежниками и нивальными продуктами выветривания, распространенными в верховьях реки. Слоистым строением отличаются также большинство отложений, изученных в двух водосборных ареалах. Однако, их мощность обычно не превышает 5-6 м. Преобладание в изученных участках среди коренных пород песчаников и алевритов способствовало наряду со щелнистым материалом образованию большого количества тонкодисперсных продуктов выветривания. Этим можно объяснить небольшую мощность базальных грубообломочных отложений на водораздельных участках и относительно редкие включения грубого материала в слоистых песчано-алевритовых отложениях. Специфическое ритмично-слоистое строение большинства изученных отложений являются, очевидно, результатом изменения режима таяния снежников в течении теплого периода. Подобные

слоистые отложения, названные «Rhythmically stratified slope waste deposits» охарактеризованы в современных и древних перигляциальных областях [Dylik, 1960; Reger and Pewe, 1976; French, 1996]. Их образование связывают с нивальными, нивально-эоловыми и склоновыми процессами, т.е. с такими денудационными и аккумуляционными процессами, которые и сегодня широко распространены и активно действуют в горных регионах севера Сибири [Ивановский, 1981; Galabala, 1997; Kunitzky et al., 2002].

Возраст аллювиальных отложений, изученных в долине р. Хара-Улах показывает, что осадконакопление здесь началось в конце сартанского стадиала (МИС 2) около 12 тыс. лет назад и продолжается до настоящего времени. Эти данные подтверждают молодость Хараулахской впадины. В сходное время происходило формирование Хорогорской впадины в северной части Хараулахских гор [Grosse et al., 2007]. Единичные данные абсолютного возраста, полученные для грубообломочных отложений в древних, частично погребенных долинах малых рек в районе мыса Элидеп свидетельствуют также о сейсмотектонических процессах в позднем плейстоцене.

Сравнивая данные полученные по отложениям ледового комплекса на мысе Оголох-Тумса с весьма подробно изученными разрезами отложений ледового комплекса на о. Муостах [Meyer et al., 2016] и п-ове Быковском [Schirrmeister et al., 2002; Зигерт и др., 2009] можно оценить характер прогибание земной поверхности в прилегающей к горам Буорхайнской структурно-фациальной зоне. В этом плане необходимо отметить, что на мысе Оголох-Тумса мощность отложений ледового комплекса составляет менее 20 м (начало аккумуляции отложений ледового комплекса произошло около 48 тыс.л.н.) при гипсометрическом положении кровли коренных пород около 10 м. Мощность отложений ледового комплекса на п-ве Быковском, аккумуляция которых началось, по-видимому, уже около 80 тыс. л.н. [Meyer et al., 2002], достигают не менее 40 м. При этом не исключено, что часть толщи находится ниже уровня моря. Такая же значительная мощность отложений ледового комплекса установлена на о-ве Муостах, где их основание также находится под уровнем моря [Иванов и Катасонова, 1978; Куницкий, 1989]. Приведенные данные дают основание думать о возможном сходстве и дифференциации неотектонических процессов, происходивших в этих районах.

## Литература

- Гроссвальд М.Г., Спектор В.Б. Следы покровного оледенения на западном побережье губы Буор-Хая. – Международный симпозиум: Четвертичные события и стратиграфия Евразии и Дальнего Востока, т. 2, с. 89–90.
- Зигерт К., Штаух Г., Лемкуль Ф., Сергеенко А.И., Дикман Б., Попп С., Белолобский И.Н. Развитие оледенения Верхоянского хребта и его предгорий в плейстоцене: результаты новых исследований. – Региональная геология и металлогения, № 30–31, 2007, с. 222–228.
- Зигерт К., Куницкий В.В., Ширмейстер Л. Отложения ледового комплекса – архив данных для реконструкции климата и экологии на побережье моря Лаптевых в позднем плейстоцене. – В кн.: Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития/ Отв. редакторы: Х. Кассенс, А.П. Лисицин, Й. Тиде, Е.И. Полякова., Л.А. Тимохов, И.Е. Фролов/ – М.: Изд-во МГУ, 2009, с. 320–331.
- Иванов М.С., Катасонова Е.Г. Особенности криолитогенных отложений острова Муостах. – В кн.: Н.П. Анисимова, Е.Г. Катасонова (ред.): Геокриологические и гидрогеологические исследования Якутии. Якутск, Институт мерзлотоведения, 1978, с. 12–25.
- Ивановский А.Н. Гляциальная геоморфология гор. – Изд-во Наука, Новосибирск, 1981, 173 с.
- Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмоструктура Якутии. – Москва: ГЕОС, 2000, 226с.
- Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М., Сергеенко А.И., Белолобский И.Н., Зигерт К. Новейшие структуры, стратиграфия квартера и современная геодинамика территории Арктического сектора прибрежно-шельфовой зоны Северного Верхоянья (Северо-Восток Якутии). – Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 2007. №. 67, с. 6–19.
- Куницкий В.В. Криолитология низовья Лены. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1989. 164 с.
- Патык-Кара Н.Е., Коржуев С.С. Деструктивные процессы в перестройке рельефа побережья залива Буор-Хая. – Геоморфология, 1990, №1, с. 80–84.
- Русанов Б.С., Бороденкова З.Ф., Гончаров О.Б., Гриненко О.В., Лазарев П.А. Геоморфологическая область «Западное Верхоянье» – В кн.: Геоморфология Восточной Якутии. Якутское кн. изд-во, 1957, с. 56–122.
- Сергеенко А.И., Белолобский И.Н., Гриненко О.В. Схема стратиграфии четвертичных отложений Северного Верхоянья (Восточная Якутия). – Отечественная геология. 2004, № 5, с. 88–91.
- Сергеенко А.И., Зигерт К., Белолобский И.Н., Имаева Л.П., Андреев А.А., Ширмейстер Л. Едомные отложения прибрежно-шельфовой зоны Северного Верхоянья. – Отечественная геология, 2007, № 5, с. 35–38.
- Сергеенко А.И., Зигерт К., Белолобский И.Н., Андреев А.А., Ширмейстер Л., Дикман Б. Стратиграфическая схема четвертичных отложений Северного Верхоянья (новые данные). – В кн.: Геология, тектоника и металлогения Северо-Азиатского кратона: материалы всероссийской научной конференции. 27–30 сентября 2011 г. – Якутск: Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011. Т.1, с. 201–205.
- Сергеенко А.И., Прокопьев А.В. Эоцен Кенгдейской впадины (Северная Верхоянья, Арктическая Якутия) – Отечественная Геология, 2010, № 5, с. 113–120.
- Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. – М., изд-во АН СССР, 1959, 142 с.
- Astakhov V. Geographical extremes in the glacial history of northern Eurasia: post-QUEEN considerations. – Polar Research, v. 27, 2008, p. 280–288.
- Bauch H.A., Mueller-Lupp T., Taldenkova E., Spielhagen R. F., Kassens H., Grootes P.M., Thiede J., Heinemaier J., Petryashkov V.V. Chronology of the Holocene transgression of the northern Siberian margin. – Global and Planetary Change, vol. 31 (1–4), 2001, p.125–139.
- Dylik, Jahn Rhythmically stratified slope waste deposits. – Biuletyn Peryglacjalny, 8, 1960, 31–41.
- French, H. The Periglacial environment. Second edition, Longman, Harlow, 1996, 241 p.
- Galabala R.O. Pereletki and the initiation of glaciation in Siberia. – Quaternary International, vol. 41/42, 1997, p. 27–32.
- Grosse G., Schirrmeister L., Siegert C., Kunitsky V.V., Slagoda E.A., Andreev A.A., Dereviagin A.Yu. Geological and geomorphological evolution of a sedimentary periglacial landscape in Northeast Siberia during the Late Quaternary. – Geomorphology. V. 86. 2007. P. 25–51.

- Hubberten H.-W., Andreev A., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Hendriksen M., Hjord C., Houmark-Nielsen M., Jakobsson M., Kuzmina S., Larsen E., Lunkka J.P., Lysá A., Mangerud J., Möller P., Saarnisto M., Schirrmeyer L., Siegert C., Siegert M.J., Svendsen J.I. The periglacial climate and environment in the northern Eurasia during the last glaciation. – *Quaternary Science Reviews*. V. 23 (11/13). 2004. P. 1333–1357.
- Kienast F., Schirrmeyer L., Siegert C., Tarasov P. Paleobotanical evidence for warm summer during the last cold stage. – *Quaternary Research*, vol. 63 (3), 2005, p. 283–300.
- Kunitsky V., Schirrmeyer L., Grosse G., Kienast F. Snow patches in nival landscapes and their role for the ice complex formation in the Laptev Sea coastal lowlands. – *Polarforschung*. Bd. 70. 2002. S. 53–67.
- Meyer H., Dereviagin A.Y., Siegert C., Hubberten H.-W. Paleoclimate studies on Bykovsky Peninsula, North Siberia – Hydrogen and oxygen isotopes in ground ice. – *Polarforschung*. Bd. 70. 2002. S. 37–51.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haflidason H., Haidas I., Hatte C., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon I.R., Turner C.S.M., van der Plicht J. IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 years calBP. – *Radiocarbon* 55 (4) 2013, 1869–1887, DOI: 10.2458/azu.js.rc.55.16947.
- Reger R.D., Péwé, T.L. Cryoplanation terraces: indicators of a permafrost environment. – *Quaternary Research*, 5, 1976, 99–109.
- Schirrmeyer L., Siegert C., Kuznetsova T., Kuzmina S., Andreev A., Kienast F., Meyer H., Bobrov A. Paleoenvironmental and paleoclimatic records from permafrost deposits in the Arctic region of Northern Siberia. – *Quaternary International*, vol. 89, 2002, p. 97–118.
- Schirrmeyer L., Kunitzky V.V., Grosse G., Wetterich S., Meyer H., Schwamborn G., Babiy O., Dereviagin A.Yu., Siegert C. Sedimentary characteristics and origin of the Late Pleistocene Ice Complex on North-East Siberian Arctic coastal lowlands and islands – a review. – *Quaternary International* 241, 2011, 3–25, doi: 10.1016/j.quaint.2010.04.004.
- Sher A.V., Kuzmina S.A., Kuznetsova T.V., Sulerzhitsky L.D. New insights into the Weichselian environment and climate of the East Siberian Arctic, derived from fossil insects, plants, and animals. – *Quaternary Science Reviews*. V. 24. № 5/6. 2005. P. 553–569.
- Stauch G., Lehmkuhl F., Frechen M. Luminescence chronology from the Verchoyansk Mountains (North-Eastern Siberia). – *Quaternary Geochronology*. № 2, 2007, p. 255–259.
- Strauss J., Schirrmeyer L., Mangelsdorf K., Eichhorn L., Wetterich S., Herzsich U. Organic matter quality of deep permafrost carbon – a study from Arctic Siberia. – *Biosciences*. 12. 2015. 2227–2245, doi: 10.5194/bg-12-2227-2015.
- Stuiver M., Reimer P.J. Extended 14C data base and revised CALIB 3.014C age calibration program. – *Radio-carbon*, 35, 1993, 215–230.
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Funder S., Gataulin V., Hendriksen M., Hjord C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.-W., Ingolfsson O., Jakobsson M., Kjær K.H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J.P., Lysá A., Mangerud J., Matouchkov F., Murray A., Möller P., Niessen F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert C., Siegert M.J., Spielhagen R.F., Stein R. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. – *Quaternary Science Reviews*. V. 23 (11/13). 2004. P. 1229–1272.

**K. Sigert, A.I. Sergeenko, L. Schirmeister**

## **LATE QUATERNARY DEPOSITS OF THE NORTHERN VERKHUYANSK MOUNTAINS: GEOCHRONOLOGY AND QUESTIONS OF THEIR GENESIS**

Using accelerator mass spectroscopy (AMC), it was possible to obtain 35 radiocarbon age dates from late Quaternary deposits of the Northern Verkhoyansk Mountains (Kharaulakh Ridge). The presented results showed that frozen sediments covering pre-Quaternary rocks in the studied areas are relatively young; their accumulation began only in the Karginsk Interstadial (MIS 3). Within the Kharaulakh structural-facial zone (the Kharaulakh Ridge), the age of the Quaternary deposits ranged from about 28 000 BP up to the present time. In the adjacent territory of the foothill plain that belongs to the Buor-Khaya structural-facial zone their ages ranged from about 48 000 BP to the Holocene. The sediments studied in two catchment areas of the Kharaulakh mountains were linked to relief forms (cirque-like areas, turning into terraced surfaces), which indicate their accumulation under the influence of nival processes associated with snowfields. This conclusion is confirmed by the rhythmic stratified structure of the investigated sediment sections that was caused by seasonal snowfield melting and the associated transport and sorting of detrital material. Measured ages suggest that these processes were especially common in the last phase of the Kargins interstadial (MIS 3) and at the beginning of the Sartan stadial (MIS 2), as well as during the late Holocene. The ages of alluvial deposits from the Khara-Ulakh River valley indicated that sedimentation began at the end of the Sartan stadial (MIS 2) – about 12 thousand years ago – and continues to the present day. These data confirm the young age of the Kharaulakh depression. At a similar time, the formation of the Khorogorsk depression in the northern part of the Kharaulakh Mountains occurred. Ice-rich sediments with polygonal ice wedges on the foothill plain at Cape Ogolokh-Tumsa located in the Buor-Khaya structural-facial zone are comparable with the very thoroughly studied section of the ice complex deposits on the Bykovsky Peninsula.