

## **Литология и строение бугров пучения в долине р. Сенца (Окинское плоскогорье, Восточные Саяны)**

**Алексеев Сергей Владимирович**

доктор геолого-минералогических наук

заведующий лабораторией, Институт земной коры СО РАН

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

**Alekseev Sergei Vladimirovich**

Doctor of Geology and Mineralogy

Head of the Laboratory at the Institute of the Earth's Crust of the Siberian  
Branch of the Russian Academy of Sciences

664033, Russia, Irkutsk, ul. Lermontova, 128

✉ [salex@crust.irk.ru](mailto:salex@crust.irk.ru)



**Алексеева Людмила Павловна**

доктор геолого-минералогических наук

старший научный сотрудник, Институт земной коры СО РАН

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, оф. 128

**Alekseeva Liudmila Pavlovna**

Doctor of Geology and Mineralogy

Senior Research Fellow at the Institute of the Earth's Crust of the Siberian  
Branch of the Russian Academy of Sciences

664033, Russia, Irkutsk, ul. Lermontova, 128, office 128

✉ [laalex@crust.irk.ru](mailto:laalex@crust.irk.ru)



**Светлаков Артем Александрович**

младший научный сотрудник, Институт земной коры СО РАН

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

**Svetlakov Artem Aleksandrovich**

Junior Research Fellow at the Institute of the Earth's Crust of the Siberian  
Branch of the Russian Academy of Sciences

664033, Russia, Irkutsk, ul. Lermontova, 128

✉ [sir.swetlackov@yandex.ru](mailto:sir.swetlackov@yandex.ru)



**Козырева Елена Александровна**

кандидат геолого-минералогических наук  
заведующий лабораторией, Институт земной коры СО РАН  
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

**Kozyreva Elena Aleksandrovna**

PhD in Geology and Mineralogy

Head of Laboratory at the Institute of the Earth's Crust of the Siberian  
Branch of the Russian Academy of Sciences

664033, Russia, Irkutsk, ul. Lermontova, 128

✉ [kozireva@crust.irk.ru](mailto:kozireva@crust.irk.ru)



**Васильчук Юрий Кириллович**

доктор геолого-минералогических наук  
профессор, географический факультет МГУ  
119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1

**Vasil'chuk Yurii Kirillovich**

Doctor of Geology and Mineralogy

Professor at the Faculty of Geography of Lomonosov Moscow State  
University

119991, Russia, Moscow, ul. Leninskie Gory, 1

✉ [vasilch\\_geo@mail.ru](mailto:vasilch_geo@mail.ru)



**Аннотация.** Объектами исследования явились многолетнемерзлые породы и бугры пучения в долине р. Сенца, проблема формирования которых в четвертичном периоде в течение многих десятилетий привлекает пристальное внимание исследователей различного профиля (от геоботаников до геокриологов). Комплексные пионерные исследования включали бурение скважин, детальную документацию мерзлого керна, вскрытых разрезов бугров пучения, уступов речной террасы, тахеометрическую съемку долины р. Сенца, GPS-привязку опорных разрезов и скважин, определение льдистости (влажности), литологического, гранулометрического и микроагрегатного состава озерно-аллювиальных отложений. Аналитические работы выполнены по современным методикам в ЦКП «Геодинамика и геохронология» (ИЗК СО РАН, г. Иркутск). Установлено, что бугры пучения сложены преимущественно пылеватыми суглинками с прослоями тяжелой супеси и линзами (мощностью до 0,65 м) льда. Криотекстуры - слоистые, косослоистые, тонкошлировые, крупносетчатые, базальные. Созданная 3D-модель рельефа свидетельствует о наличии либо обширной площади с множеством бугров пучения разного размера, либо одного гигантского бугра, который в настоящее время разделен на отдельные фрагменты вследствие активного термокарста на надпойменной террасе и термоэрозии берегов р. Сенца. По предварительным данным бугры пучения представляют собой криогенные образования смешанного сегрегационно-инъекционного генезиса. Конечной целью исследований является разработка сценария формирования мерзлых озерно-аллювиальных отложений и создание теоретической модели голоценовой эволюции бугров пучения Окинского плоскогорья.



В ходе проведения комплексных научно-исследовательских работ на Окинском плоскогорье Восточного Саяна в долине р. Сенца впервые изучены многолетнемерзлые породы и бугры пучения в долине р. Сенца на Окинском плоскогорье Восточных Саян. Полученные результаты существенно расширяют существующие представления о формировании и эволюции криолитозоны Алтае-Саянской складчатой области.

### Район исследования

Окинское плоскогорье находится в восточной части Восточного Саяна (рис. 1).

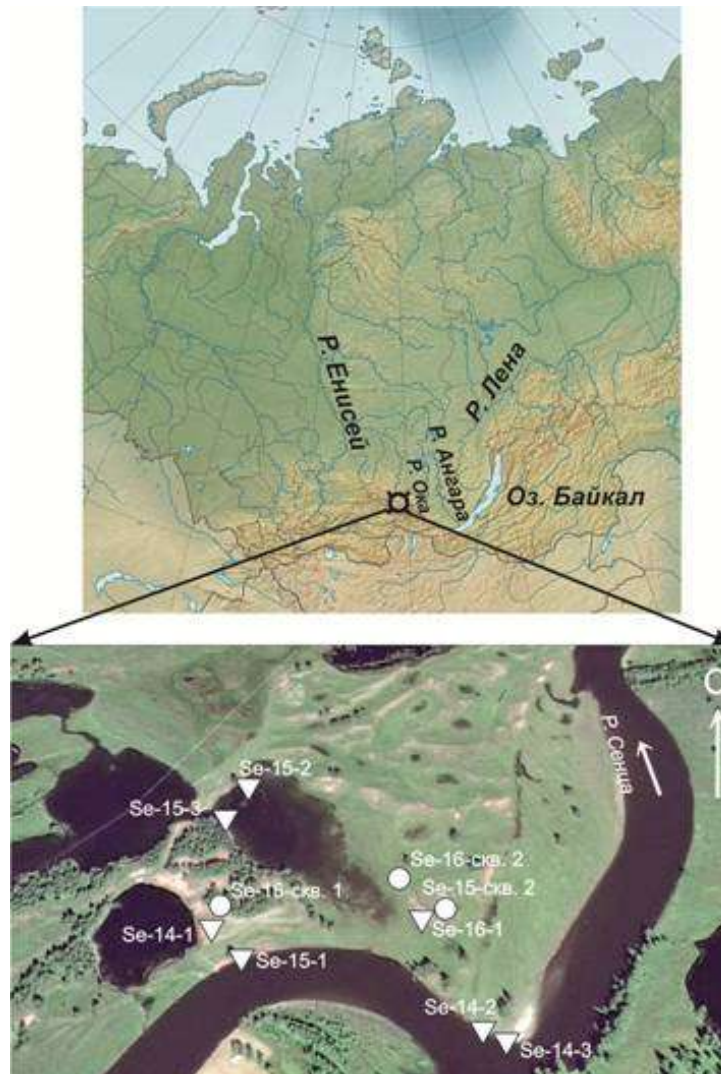


Рис. 1. Долина р. Сенца, Окинское плоскогорье, Восточный Саян (фото с сайта Google Earth), местоположение скважин (кружок) и расчисток (треугольник).

Оно является водосбором рек Иркут, Ока, Китой, Урик. Приток р. Ока – р. Сенца – прорезает Окинское плоскогорье на глубину 800 м. Долина р. Сенца представляет собой классический трог с элементами ледникового рельефа в виде боковых и конечных морен позднеплейстоценового возраста. Здесь сформированы три надпойменные террасы и два уровня поймы (рис. 2). В. В. в нижнем течении русло реки висячее. Выше пос. Шаснур оно активно меандрирует. В днище долины широко распространены пойменные и термокарстовые озера [1–3].





Рис. 2. Характерная морфология долины р. Сенца.

Отложения аллювиального, озерного, гляциального, делювиального и пролювиального генезиса, выполняющие долину реки, представлены суглинками, супесями, песками, галечниками, валунами.

На горном обрамлении произрастают лиственничные и кедровые разнотравные леса паркового типа. Подлесок составляют заросли жимолости алтайской (*Lonicera altaica*), рододендрона золотистого (*Rhododendron aureum*), а в кустарничковом ярусе господствует брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea*).

На равнинных участках днища долины и склонах южной экспозиции широко представлены кобрезиево-злаковые степные группировки из *Kobresia sibirica*, *K. simpliciuscula*, *Helictotrichon mongolicum* и мелкодерновинно-злаковые комплексы из *Festuca lenensis*, *Poa botryoides*, *Koeleria cristata*. Часто встречаются луговые и лугово-болотные комплексы из *Ranunculus acris*, *Festuca pratensis*, *Carex nigra*, *C. sajanensis*, приуроченные к участкам с повышенным увлажнением [\[4\]](#).

Климат в пределах Окинского плоскогорья резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха в зависимости от абсолютной высоты изменяется от  $-5,6^{\circ}\text{C}$  (1372 м) до  $-6,6^{\circ}\text{C}$  (2084 м). Многолетнемерзлые породы имеют сплошное распространение с тенденцией их уменьшения в западном и северо-северо-восточном направлении. Сплошность мерзлых толщ нарушается сквозными таликами в зонах разломов, которые картируются постоянно действующими источниками подземных вод, несквозными таликами, связанными с обогревающим влиянием поверхностных водотоков и водоемов [\[5\]](#), [\[6\]](#).

Мощность многолетнемерзлых пород на междуречных пространствах в среднем равна 170-200 м, а в долинах рек составляет 140-180 м. Среднегодовая температура мерзлых пород изменяется в пределах  $-2,1...-8,5^{\circ}\text{C}$ . Сезонно протаивающий слой на междуречных пространствах имеет мощность 1,0-1,5 м, достигая 3,5 м на южных склонах [\[7-9\]](#).

## Материалы и методы исследования

В основу настоящей статьи положены материалы комплексных полевых исследований бугров пучения в 2014-2016 гг. (табл. 1), которые включали бурение скважин, вскрытие, расчистку и детальную документацию разрезов с зарисовками и фотографированием, отбор проб льда, образцов рыхлых отложений для определения химического состава и физико-механических свойств. Всего задокументировано 7 разрезов бугров пучения и обнажений в уступе надпойменной террасы высотой от 1,8 до 10,7 м, пробурены скважины в апикальной части двух бугров: Se-15-скв. 2 глубиной 13,4 м и Se-16-скв. 1 глубиной 20,4 м с отбором керна через 0,4-0,7 м. В ЦКП «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН выполнен анализ физическо-

механических характеристик грунтов (гранулометрический и микроагрегатный состав) по стандартным методикам [\[10\]](#).

Таблица 1

Общие сведения о вскрытых разрезах в долине р. Сенца

Объект		Координаты	Абс. высота, м	Мощность вскрытого разреза, м	
Расчистки бугров пучения или уступа террасы р. Сенца	Бугры пучения	Se-14-1	N 52°39.786' E 99°29.861'	1389	10,7
		Se-15-1	N 52°39.807' E 99°29.87'	1386	5,5
	Уступ террасы	Se-14-2	N 52°39.781' E 99°30.063'	1389	4,1
		Se-14-3	N 52°39.768' E 99°30.08'	1386	1,8
		Se-15-2	N 52°39.92' E 99°29.86'	1384	2,4
		Se-15-3	N 52°39.892' E 99°29.816'	1384	3,8
		Se-16-1	N 52°39.892' E 99°29.816'	1390	5,8
	Скважины	Se-15-скв. 2	N 52°39.856ϕ E 99°30.068ϕ	1389	13,4
Se-16-скв. 1		N 52°39.795' E 99°29.877'	1390	20,4	

### Результаты и обсуждение

На основе тахеометрической съемки участка долины р. Сенца площадью 140000 м<sup>2</sup> построена 3D-модель рельефа (рис. 3). Высотные отметки изменяются от 1381 м до 1390,4 м. абс., превышение составляет 9,4 м.

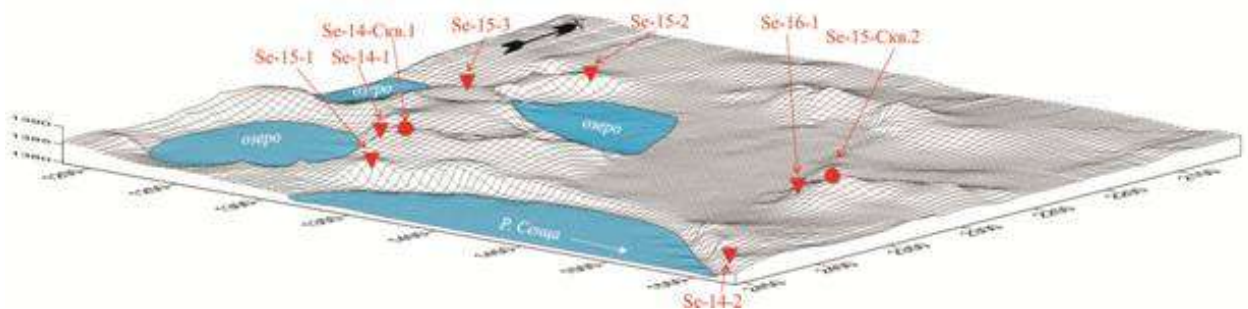


Рис. 3. 3D-модель рельефа участка долины р. Сенца (скважины показаны кружками, расчистки – треугольниками).

На 3D-модели рельефа четко выделяются несколько фрагментов небольших бугров пучения, которые расположены почти по идеальной окружности, очерчивая центральное понижение с небольшим озером в центре.

Первый из крупных изученных бугров пучения (Se-14-1) высотой 10,7 м (по наклонной плоскости, угол наклона  $45^\circ$ ) с ледогрунтовым ядром находится на левой надпойменной террасе р. Сенца. К бугру примыкает озеро термокарстового происхождения (рис. 4).



Рис. 4. Бугор пучения Se-14-1 и его расчистка.

Второй бугор Se-16-1, высотой 5,8 м (по наклонной плоскости, угол наклона  $15^\circ$ ) расположен в 200 м к востоку от первого (рис. 5).



Рис. 5. Бугор пучения Se-16-1 и его расчистка.

Результаты гранулометрического анализа образцов рыхлых отложений, отобранных в расчистках, показали, что бугры сложены преимущественно пылеватыми суглинками (тяжелыми и средними) с прослоями пылеватых глин и тяжелой супеси (табл. 2).

Таблица 2

Результаты гранулометрического и микроагрегатного анализа рыхлых отложений  
бугра пучения Se-14-1

№ образца – глубина, м	Содержание фракций, %					
	Мпс <sup>1</sup>	Мпс <sup>2</sup>	Мп <sup>1</sup>	Мп <sup>2</sup>	Мс <sup>1</sup>	Мс <sup>2</sup>
№ 1 – 0,25	0,8	6,6	60,3	25,1	4,2	3,0
	0,3	4,3	49,3	23,6	10,5	12,0
	0,1	0,2	47,0	22,0	7,2	23,5
№ 2 – 0,40	1,2	17,4	44,2	26,6	4,1	6,5
	1,1	4,8	40,1	33,2	8,1	12,7
	1,0	8,5	29,3	28,4	8,4	24,4
№ 3 – 0,55	1,1	7,2	34,3	34,7	10,7	12,0
	0,6	0,2	24,2	45,9	9,5	19,6
	0,3	0,1	18,9	40,5	13,6	26,6
№ 4 – 0,70	0,5	14,7	56,9	19,0	5,3	3,6
	0,3	20,3	25,5	38,2	10,2	5,5
	0,2	3,5	30,3	46,5	7,7	11,8
№ 5 – 0,95	0,8	2,9	23,2	50,6	8,6	13,9
	0,6	0,2	25,8	54,3	6,3	12,8
	0,1	0,2	9,7	57,8	7,2	25,0
№ 6 – 9,0	0,8	44,8	30,6	18,3	2,8	2,7
	0,3	45,9	17,1	28,7	2,2	5,8
	0,2	35,7	17,2	30,4	5,1	11,4

Примечание. Верхняя строка – результаты гранулометрического анализа с агрегатной подготовкой образца, средняя – с полудисперсной (стандартной) подготовкой, нижняя – с дисперсной подготовкой.

Классификация фракций:

- 1) Крупно – среднепесчаная 0,5 – 0,25 мм Мпс<sup>1</sup>
- 2) Мелко – тонкопесчаная 0,25 – 0,05 мм Мпс<sup>2</sup>
- 3) Крупнопылеватая 0,05 – 0,01 мм Мп<sup>1</sup>
- 4) Мелкопылеватая 0,01 – 0,002 мм Мп<sup>2</sup>
- 5) Грубоглинистая 0,002 – 0,001 мм Мс<sup>1</sup>
- 6) Тонкоглинистая < 0,001 мм Мс<sup>2</sup>

Образец № 1 – Суглинок тяжелый пылеватый, микроструктура – скелетно-агрегированная, тип структурной модели – крупнопылеватая агрегированная. Агрегаты состоят из тонкоглинистых в меньшей степени – грубоглинистых частиц. Реальная глинистость суглинка 30,7% за счет скелетно-агрегированной микроструктуры.



Образец № 2 – Суглинок тяжелый пылеватый, микроструктура – агрегированно-скелетная, тип структурной модели – крупнопылеватая смешанная. Агрегаты состоят из тонкоглинистых в меньшей степени – грубоглинистых и мелкопылеватых частиц. Реальная глинистость суглинка 32,8% за счет агрегированно-скелетной микроструктуры.

Образец № 3 – Суглинок тяжелый пылеватый, микроструктура – агрегированно-скелетная, тип структурной модели – крупнопылеватая смешанная. Агрегаты состоят из тонкоглинистых в меньшей степени – грубоглинистых и мелкопылеватых частиц. Реальная глинистость суглинка 40,2% за счет агрегированно-скелетной микроструктуры.

Образец № 4 – Суглинок средний пылеватый, микроструктура – скелетно-агрегированная, тип структурной модели – крупнопылеватая смешанная. Агрегаты состоят из тонкоглинистых в меньшей степени – грубоглинистых и мелкопылеватых частиц. Реальная глинистость суглинка 19,5% за счет скелетно-агрегированной микроструктуры.

Образец № 5 – Глина пылеватая, микроструктура – агрегированно-скелетная, тип структурной модели – мелкопылеватая элементарная. Агрегаты состоят из тонкоглинистых в меньшей степени – мелкопылеватых частиц. Реальная глинистость глины 32,2% за счет агрегированно-скелетной микроструктуры.

Образец № 6 – Супесь тяжелая, микроструктура – агрегированно-скелетная, тип структурной модели – тонко-мелкопесчаная смешанная. Агрегаты состоят из тонкоглинистых в меньшей степени – грубоглинистых и мелкопылеватых частиц. Реальная глинистость глины 16,5% за счет агрегированно-скелетной микроструктуры.

В апикальных частях бугров пучения были пробурены 2 скважины. Литологический состав рыхлых отложений и их криогенное строение представлены на рис. 6.

Бугор пучения Se-16-1 с поверхности и до глубины 8,4 м сложен тяжелыми пылевыми суглинками светло- и темно-коричневого цвета. Кровля мерзлых пород зафиксирована на глубине 1,1 м. Криотекстура суглинков – редко-, горизонтальнослоистая тонкошлировая, иногда – до крупношлировой и базальной. Шлиры льда горизонтальнослоистые. Толщина шлиров – 3-5 мм, встречаются прослои льда мощностью 1-1,5 см. Шлировый лед прозрачный с газовыми пузырьками округлой формы и включениями суглинков (рис. 6, а).

С глубины 1,9 м льдистость отложений возрастает до 50 % и более. Суглинки превращаются в ледогрунт (рис. 6, б). В интервале 2,8-2,9 м прослой суглинка содержит гумус. С 3,2 м криотекстура грунта местами сетчатая (неполновыраженная, косослоистая). Иногда толщина шлиров льда превышает толщину прослоев суглинка. Средняя толщина как горизонтальных, так и вертикальных шлиров составляет 5-7 см. Видимая льдистость 30-40%. С появлением в разрезе темно-серых пылеватых более глинистых прослоев криотекстура изменяется на косослоистую. В интервале 4,5-4,9 м вскрыт чистый прозрачный лед с большим количеством газовых пузырьков размером 1-5 мм (рис. 6, в). Газовые включения характеризуются хаотической ориентировкой, группируются в скопления круглых, плоских, вытянутых и изогнутых пузырьков, что указывает на сложность и разнообразие процессов кристаллизации. По вертикали в прослое льда выделяются два слоя с различной насыщенностью газовыми включениями.

С глубины 4,9 м в прослеживается переслаивание горизонтальных прослоев льда и льдистых суглинков толщиной 1,5-2,0 см и 2,0-3,0 см. Видимая льдистость – до 90%.

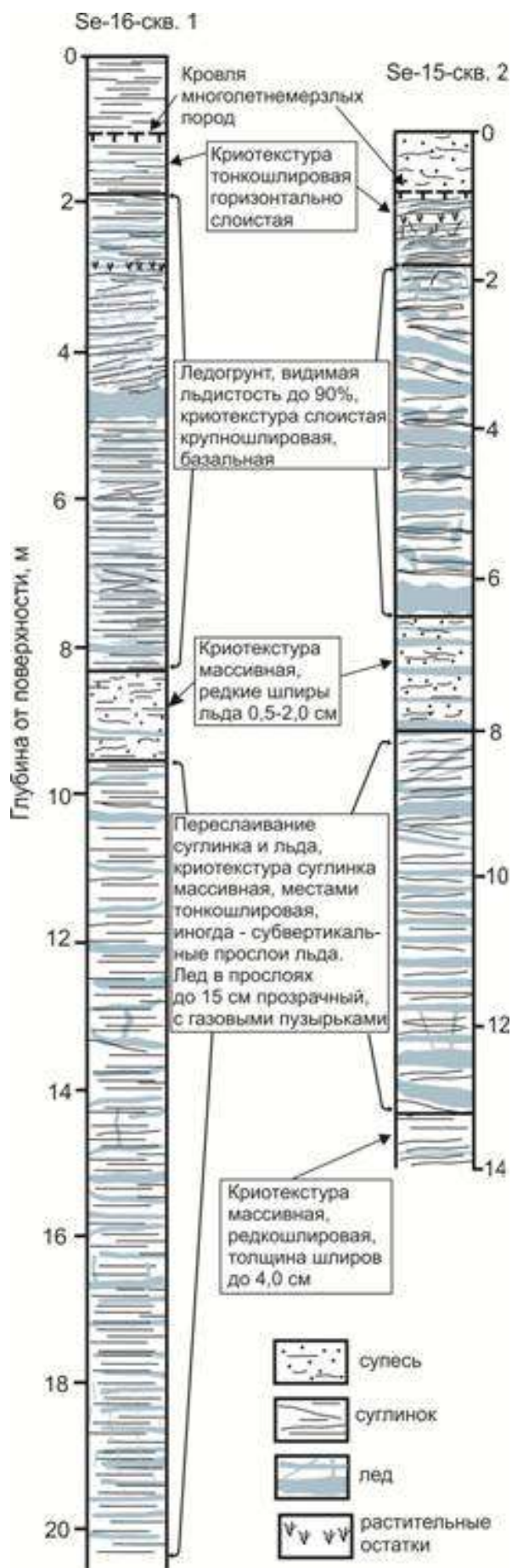


Рис. 6. Литология и строение бугров пучения в долине р. Сенца (положение устья скважин отвечает абсолютным отметкам).

а) суглинок с крупношлировой криогенной текстурой, глубина 1,6-2,0 м; б) ледогрунт, глубина 2,0-2,4 м; в) чистый лед, глубина 4,5-4,9 м; г) переслаивание суглинка с массивной криотекстурой и прослоев чистого льда, глубина 17,9-18,6 м.

В интервале 8,4-9,0 м вскрыта голубовато-серая супесь с массивной криотекстурой и льдистостью около 10%. Ниже, до глубины 20,4 м разрез представлен ритмичным переслаиванием голубовато-серых суглинков толщиной 40-50 см и линз чистого льда толщиной от 1,5 до 10-15 см (рис. 6, г). Криотекстура – суглинка массивная, с глубины 18,5 м переходит в сетчатую. Лед в линзах прозрачный с мелкими и крупными газовыми пузырьками (диаметром до 3 мм).



Рис. 7. Типичное криогенное строение бугра пучения Se-14-1

Бугор пучения Se-16-1 с поверхности и до глубины 0,85 м сложен талыми светлорыжевато-коричневыми супесями, переходящими ниже по разрезу в голубовато-серые суглинки с тонкошлировой частослоистой криотекстурой. Толщина шлиров не превышает 1-2 мм. На глубине 1,17 м в керне обнаружены растительные остатки. С глубины 1,35 м в суглинках появляются вертикальные шлиры толщиной до 1-3 мм, возрастает видимая льдистость отложений. Ниже разрез представлен ледогрунтом с базальной, иногда слоистой крупношлировой, криотекстурой (рис. 8, а). Многочисленные прослои и линзы прозрачного льда толщиной 3-5 см содержат пузырьки (диаметром 0,5-1,0 мм) воздуха округлой и вытянутой формы. Местами лед белесового цвета, непрозрачный.

На глубине 6,3 м суглинки сменяются голубовато-серыми супесями, которые слагают тело бугра пучения до глубины 8 м. Криотекстура супесей в верхней части массивная и неравномерно слоистая в нижней за счет появления линз льда толщиной 0,5-2,0 см (рис. 8, б). Лед прозрачный с пузырьками округлой формы. В интервале 7,7-7,8 м пузырьки вытянуты вертикально.

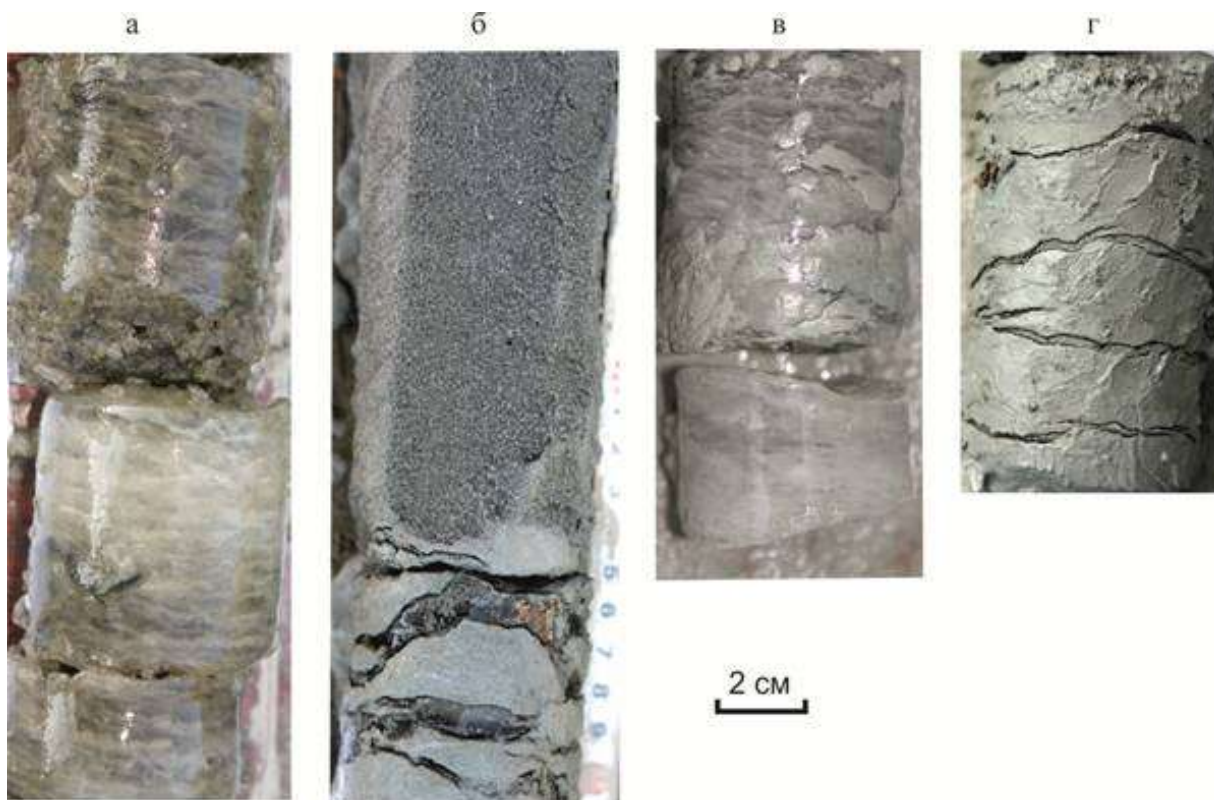


Рис. 8. Типичное криогенное строение бугра пучения Se-16-1

В интервале глубин 8-14 м вскрыты голубовато-серые суглинки, которые содержат крупные (до 5-6 см) шлиры прозрачного льда (рис. 8, в). Шлиры горизонтальные, иногда наклонные (угол до 45°). Лед в основном с пузырьками воздуха диаметром до 3 мм. На глубине 12 м в керне прослежены субвертикальные шлиры льда толщиной до 2 мм. Толщина прослоев суглинка 6-7 см, криотекстура массивная.

а) ледогрунт и прослои чистого льда, глубина 5,0-5,3 м; б) супесь с массивной криотекстурой, глубина 6,6-6,8 м; в) ледогрунт, глубина 10,0-10,2 м; г) суглинок с массивной и редкошлировой криотекстурой, глубина 13,0-13,4 м.

В интервале 12,1-13,0 мощность слоев суглинков и льда увеличивается до 10-15 см. Криотекстура изменяется на массивную и редкошлировую волнистую (шлиры льда толщиной до 1 см), общая льдистость грунта уменьшается (рис. 8, г).

Анализ полученных результатов позволяет сделать некоторые предварительные выводы. Бугры пучения различного размера хаотично расположены в долине р. Сенца. В основном они приурочены к области распространения озерных отложений в зоне подпора, образованного барражом ледникового генезиса – конечной мореной позднеплейстоценового возраста. Заложение дамбы произошло более 7 тыс. лет назад, а ее разрушение – около 4,7 тыс. лет назад [\[11\]](#).

Меандрирующее русло реки и большое количество стариц и озер свидетельствуют о перегруженности долины осадочным материалом. Мелкозернистые отложения, сформировавшиеся в озерной котловине и речной долине при низких скоростях течения воды, в период многолетнего промерзания явились благоприятной средой для активизации процессов пучения поверхности поймы и террас р. Сенца. В голоцене после спуска палеоозера в водонасыщенных отложениях, подвергшихся прогрессирующему всестороннему промерзанию, в результате миграции влаги в сезонноталом или сезонномерзлом слоях происходило сегрегационное льдообразование, приводившее к пучению рыхлых отложений.



Промерзание отложений, возможно, сопровождалось также инъекцией подземных вод при наличии благоприятных условий, таких как возросшее артезианское давление, ослабленные литологические контакты, различные неоднородности. Подземные воды внедрялись в рыхлые отложения и при замерзании формировали инъекционные льды. В результате могла образоваться обширная площадь либо с множеством бугров пучения разного размера либо один гигантский бугор, который в настоящее время, вероятно, разделен на отдельные фрагменты вследствие активного термокарста на пойме и надпойменной террасе, а также термоэрозии берегов р. Сенца.

## **Заключение**

- Бугры пучения в долине р. Сенца до глубины 14-20 м сложены преимущественно пылеватыми средними и тяжелыми суглинками, глинами с прослоями супесей и линзами (до 0,65 м) льда.
- Криотекстура суглинков и глин – редко-, горизонтальнослоистая, косослоистая, волнистая тонкошлифовая, крупношлифовая и базальная, в ряде случаев – массивная и сетчатая.
- Криотекстура супесей – массивная, местами неравномерно слоистая.
- Шлиры и линзы текстурообразующих льдов прозрачные, иногда белесового цвета, содержат пузырьки воздуха округлой и вытянутой формы.
- Все бугры пучения в долине р. Сенца имеют различные размеры и расположены хаотично. Не исключено, что в период промерзания водонасыщенных озерных отложений могла сформироваться обширная площадь с множеством бугров пучения, либо один гигантский бугор, который в настоящее время разделен на отдельные фрагменты.
- По предварительным данным бугры пучения являются криогенными образованиями смешанного сегрегационно-инъекционного генезиса.

## **Благодарности**

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-05-00115. Авторы благодарны к.г.-м.н. А. А. Рыбченко и ведущему инженеру А. В. Дубынину за существенную помощь в проведении полевых работ.

## **Библиография**

1. Кропоткин П. А. Поездка в Окинский караул // Петр Алексеевич Кропоткин. Естественно-научные работы. М.: Наука. 1998. С. 31-76.
2. Олюнин В. Н. 1965. Неотектоника и оледенение Восточного Саяна. М.: Наука, 1965. 127 с.
3. Шарастепанов Б. Д. Природные ландшафты Окинского плоскогорья и их использование в туристско-рекреационных целях: Автореф. дисс.... канд. геогр. наук. Улан-Удэ. 2007. 22 с.
4. Выркин В. Б., Шеховцев А. И., Белозерцева И. А., Алешина И. Н., Захаров В. В., Кичигина И.В., Черкашина А.А. Современное состояние ландшафтов Окинской котловины (Восточный Саян) // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 98-107.
5. Соловьева Л. Н. Морфология криолитозоны Саяно-Байкальской области (на примере Бурятской АССР). Новосибирск: Наука, 1976. 126 с.
6. Геокриология СССР. Горные страны юга СССР / Под ред. Э. Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 360 с.

7. Гидрогеология СССР. Том XXII. Бурятская АССР. М.: Недра, 1970. 432 с.
8. Алексеев С.В., Алексеева Л.П., Васильчук Ю.К., Козырева Е.А., Светлаков А.А., Рыбченко А.А. Бугры пучения в долине реки Сенца, Окинское плоскогорье, Восточный Саян // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3. – С. 121-126.
9. Светлаков А.А., Козырева Е.А., Алексеев С.В. Температурный режим многолетнемерзлых грунтов в долине р. Сенца // Мат-лы XXVII Всерос. молод. конф. с участием исслед. из др. стран «Строение литосферы и геодинамика». Иркутск, 2017. С. 205.
10. Рященко Т. Г. Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. 287 с.
11. Arzhannikov S. G., Braucher R., Jolivet M., Arzhannikova A. V., Vassallo R., Chauvet A., Bourles D., Chauvet F. History of Late Pleistocene glaciations in the central Sayan–Tuva Upland (southern Siberia) // Quaternary Science Reviews, 2012. Vol. 49. Pp. 16-32.

#### **References (transliterated)**

1. Kropotkin P. A. Poezdka v Okinskii karaul // Petr Alekseevich Kropotkin. Estestvenno-nauchnye raboty. M.: Nauka. 1998. S. 31-76.
2. Olyunin V. N. 1965. Neotektonika i oledenenie Vostochnogo Sayana. M.: Nauka, 1965. 127 s.
3. Sharastepanov B. D. Prirodnye landshafty Okinskogo ploskogor'ya i ikh ispol'zovanie v turistsko-rekreatsionnykh tselyakh: Avtoref. diss.... kand. geogr. nauk. Ulan-Ude. 2007. 22 s.
4. Vyrkin V. B., Shekhovtsev A. I., Belozertseva I. A., Aleshina I. N., Zakharov V. V., Kichigina I.V., Cherkashina A.A. Sovremennoe sostoyanie landshaftov Okinskoj kotloviny (Vostochnyi Sayan) // Geografiya i prirodnye resursy. 2012. № 4. S. 98-107.
5. Solov'eva L. N. Morfologiya kriolitozony Sayano-Baikal'skoi oblasti (na primere Buryatskoi ASSR). Novosibirsk: Nauka, 1976. 126 s.
6. Geokriologiya SSSR. Gornye strany yuga SSSR / Pod red. E. D. Ershova. M.: Nedra, 1989. 360 s.
7. Gidrogeologiya SSSR. Tom XXII. Buryatskaya ASSR. M.: Nedra, 1970. 432 s.
8. Alekseev S.V., Alekseeva L.P., Vasil'chuk Yu.K., Kozyreva E.A., Svetlakov A.A., Rybchenko A.A. Bugry pucheniya v doline reki Sentsa, Okinskoe ploskogor'e, Vostochnyi Sayan // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2016. – № 3. – S. 121-126.
9. Svetlakov A.A., Kozyreva E.A., Alekseev S.V. Temperaturnyi rezhim mnogoletnemerzlykh gruntov v doline r. Sentsa // Mat-ly XXVII Vseros. mlad. konf. s uchastiem issled. iz dr. stran «Stroenie litosfery i geodinamika». Irkutsk, 2017. S. 205.
10. Ryashchenko T. G. Regional'noe gruntovedenie (Vostochnaya Sibir'). Irkutsk: IZK SO RAN, 2010. 287 s.
11. Arzhannikov S. G., Braucher R., Jolivet M., Arzhannikova A. V., Vassallo R., Chauvet A., Bourles D., Chauvet F. History of Late Pleistocene glaciations in the central Sayan–Tuva Upland (southern Siberia) // Quaternary Science Reviews, 2012. Vol. 49. Pp. 16-32.