



**МАТЕРИАЛЫ
ПЯТОЙ
конференции геокриологов России**

**МГУ имени М.В. Ломоносова
14-17 июня 2016 г.**

ТОМ 2

Часть 5. Региональная и историческая геокриология
Часть 6. Динамическая геокриология. Геокриологические
процессы и явления
Часть 7. Литогенетическая геокриология (криолитогенез)

Москва
«Университетская книга»
2016

УДК (551.34+551.345+551.341):(550.3+550.8)
ББК 26.36
М34

М34 Материалы Пятой конференции геокриологов России. МГУ имени М.В. Ломоносова, 14–17 июня 2016 г. Т. 2. Часть 5. *Региональная и историческая геокриология.* Часть 6. *Динамическая геокриология. Геокриологические процессы и явления.* Часть 7. *Литогенетическая геокриология (криолитогенез).* — М.: «Университетская книга», 2016. — 330 с.: табл., ил.

ISBN 978-5-91304-400-6
ISBN 978-5-91304-402-0 (Том 2)

Пятая конференция геокриологов России посвящена геотехнике в области распространения многолетнемерзлых пород. Ее целью является обсуждение важнейших проблем геотехники, обусловленных наметившимся в последние годы широким освоением Арктики, а также прогрессивных идей и дальнейших перспектив развития общего и инженерного мерзлотоведения. К числу главных из них относятся новые строительные технологии, надежность оснований инженерных сооружений в условиях меняющегося климата, проблемы экологии, механики, теплофизики и физико-химии мерзлых грунтов, современные методы динамической геокриологии и геофизики и их приложение к инженерно-геокриологическим изысканиям и другие насущные проблемы и задачи геокриологии. Конференция представлена 13-тью научными секциями, возглавляемыми известными учеными страны. В работе конференции принимают участие геокриологи, инженер-геологи, географы, геофизики, экологи, биологи, изыскатели и все заинтересованные специалисты, ученые из России и зарубежных стран.

УДК (551.34+551.345+551.341):(550.3+550.8)
ББК 26.36

Технический редактор и компьютерная верстка *О.М. Лисицыной*

Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Тираж 50 экз. Заказ № Т-102-16.

Отпечатано в типографии «КДУ» с материалов, предоставленных заказчиками.
Тел./факс (495) 939-44-91, 939-57-32

ISBN 978-5-91304-400-6
ISBN 978-5-91304-402-0 (Том 2)

© Коллектив авторов, 2016
© Обложка. Изд-во «КДУ», 2016

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели: Л.Н. Хрусталева В.П. Мельников, М. Н. Железняк, А.В. Брушков

Ученые секретари: Р.Г. Мотенко, Е.М.Чувилин

Члены оргкомитета: Алексеев А.Г., Ашпиз Е.С., Ананьев В.В., Баулин В.В., Васильчук Ю.К., Гальченко В.Ф., Гребенец В.И., Дроздов Д.С., Дубровин В.А., Комаров И.А., Кондратьев В.Г., Конищев В.Н., Кроник Я.А., Круподеров В.С., Кондратьев В.Г., Кошурников А.В., Лурье И.К., Максимьяк Р.В., Минкин М.А., Осипов В.И., Осокин А.Б., Оспенников Е.Н., Разбегин В.Н., Ривкин Ф.М., Роман Л.Т., Сергеев Д.О., Смолков Г.К., Станиловская Ю.В., Трофимов В.Т., Хилимонков В.З., Цернант А.А., Чеврев В.Г., Шаманова И.И., Шестернев Д.М., Якушев В.С.

Секция 5. Региональная и историческая геокриология

руководители М. Н. Железняк, Е.Н. Оспенников

Секция 6. Динамическая геокриология. Геокриологические процессы и явления

руководители Д.С. Дроздов, В.А. Дубровин, Д.О.Сергеев

Секция 7. Литогенетическая геокриология (криолитогенез)

руководители В.Н. Конищев, Ю.К. Васильчук

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ

Научный журнал **ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. Серия 4. Геология**

Научный журнал РАН **ГЕОЭКОЛОГИЯ. Инженерная геология. Гидрогеология.**

Геокриология

Научный журнал РАН, Сибирское отделение **КРИОСФЕРА ЗЕМЛИ**

Научно-технический журнал **ОСНОВАНИЯ, ФУНДАМЕНТЫ И МЕХАНИКА ГРУНТОВ**

The News Bulletin of International Permafrost Association **FROZEN GROUND**

Научно-аналитический журнал **ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ**

Научный журнал **ГЕОТЕХНИКА**

Научный журнал **ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

Научный журнал **ГЕОРИСК**

Часть 6

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОКРИОЛОГИЯ.

МНОГОЛЕТНЯЯ МЕРЗЛОТА ОКИНСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ (ВОСТОЧНЫЕ САЯНЫ)

С.В. Алексеев¹, Л.П. Алексеева¹, Ю.К. Васильчук², Е.А. Козырева¹, А.А.
Светлаков¹

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия; *e-mail: salex@crust.irk.ru*

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия;
e-mail: vasilch_geo@mail.ru

Впервые исследованы многолетнемерзлые породы и бугор пучения в долине р. Сенца. Охарактеризованы состав и текстуры вмещающих отложений и температурный режим сезонноталого слоя. Для режимных температурных наблюдений на одном из крупных бугров пучения пробурена скважина глубиной 4,8 м. Установлено, что с поверхности бугор сложен переслаивающимися льдистыми суглинками и линзами чистого льда. Криотекстуры грунта слоистые, косослоистые, тонкошпировые, крупносетчатые, базальные. Бугор пучения представляет собой криогенное образование, вероятно, смешанного сегрегационно-инъекционного генезиса.

PERMAFROST OF THE OKA PLATEAU (EASTERN SAYAN RIDGE)
S.V. Alexeev¹, L.P. Alexeeva¹, Yu.K. Vasil'chuk¹, E.A. Kozyreva¹, A.A. Svetlakov¹

¹Institute of the Earth Crust SB RAS, Russia; *e-mail: salex@crust.irk.ru*

²Lomonosov Moscow State University, Russia; *vasilch_geo@mail.ru*

Research has been conducted on the permafrost and frost mound in the Sentsa River valley for the first time. The features of the permafrost that have been investigated are cryogenic structure of unconsolidated deposits and active layer temperature. On one of the large frost mound in the Sentsa River valley the borehole was drilled to a depth of 4,8 m for the regime geothermal observations. From the surface the frost mound consists of interlayering silts, ice-rich clayey silts and pure ice lenses, cryostructures are layered, cross-laminated, lenticular, reticulate and basal. The frost mound has a cryogenic formation probably mixed segregation-injection genesis.

Введение. Проблема формирования криолитозоны в четвертичном периоде в течение многих десятилетий привлекает пристальное внимание исследователей различного профиля. Расширение и углубление знаний о строении и особенностях эволюции криолитозоны дает определенный ключ к пониманию общих закономерностей становления континентальной земной коры планеты Земля в позднем кайнозое.

Современная субарктическая криолитозона охватывает платформенные и орогенные области континентов. Одной из древних и крупных геоструктур Азии является Алтае-Саянская складчатая область, в пределах которой устойчивое сохранение горных пород в многолетнемерзлом состоянии началось с раннего-среднего плейстоцена. Ее восточную занимает Окинское плоскогорье, сложенное докембрийскими и

раннепалеозойскими кристаллическими породами. Оно прорезано троговыми долинами рек Ока, Тисса, Сенца, Жомболок, выполненными четвертичными отложениями аллювиального, озерного, гляциального и пролювиального генезиса.

В настоящее время Окинское плоскогорье является «белым пятном» для специалистов в области геохронологии вследствие удаленности этого природного объекта, а также отсутствия глубокого бурения в долинах рек и водоразделах, данных съемок целевого назначения.

В ходе проведения комплексных научно-исследовательских работ на Окинском плоскогорье Восточного Саяна в долине р. Сенца впервые исследованы мощность, криогенное строение и температура горных пород в слое годовых теплооборотов, криогенные образования и их распространение на земной поверхности. 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. Оно расположено на высоте 1800-2400 м над уровнем моря и является водосбором Иркутта, Оки, Китоя, Урика. Приток р. Оки - Сенца - прорезает Окинское плоскогорье на глубину 800 м (рис. 1). Долина р. Сенца представляет собой классический трог с элементами ледникового рельефа в виде боковых и конечных морен позднелейстоценового возраста [4].



Рис. 1. Долина р. Сенца (Окинское плоскогорье, Восточный Саян, Республика Бурятия, фото с сайта Google Earth), местоположение скважины и характерная поверхность долины.

Меандрирующее русло реки и большое количество стариц и озер свидетельствуют о перегруженности долины осадочным материалом. Отложения аллювиального, озерного, гляциального, делювиального и пролювиального генезиса, выполняющие долину реки, представлены суглинками, супесями, песками, галечниками, валунами. Мелкозернистые отложения, формировавшиеся в озерных котловинах и речной долине при низких скоростях течения воды, явились благоприятной средой для активизации процессов пучения поверхности поймы и террасы р. Сенца в период многолетнего промерзания.

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) [2]. Криолитозона имеет сплошное распространение с тенденцией уменьшения в западном и северо-северо-восточном направлении. Сплошность криолитозоны нарушается сквозными таликами в зонах разломов, которые картируются постояннодействующими источниками подземных вод, и несквозными таликами, связанными с отепляющим влиянием поверхностных водотоков и водоемов.

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 $-3...-8,5^{\circ}\text{C}$ [3]. Сезонно протаивающий слой на междуречных пространствах имеет мощность 1,0-1,5 м, достигая 3,5 м на южных склонах.

Материалы и методы исследования. В основу настоящей статьи положены материалы полевых исследований бугров пучения и температурного режима мерзлой толщи 2011-2015 гг., которые включали вскрытие, расчистку и детальную документацию разрезов с зарисовками и фотографированием, отбор образцов грунта из бугра пучения и скважины. Скважина Se-14-скв.1 глубиной 4,8 м была пробурена в центральной части одного из бугров пучения для организации круглогодичных температурных наблюдений и оборудована логгером (одноканальными датчиками марки НОВО UA-001-64) на глубине 0,1, 1, 2, 3 и 4 м. Запись температур производилась каждый час и сохранялась на встроенном носителе. Диапазон измерений от -20°C до 70°C , точность $\pm 0,53^{\circ}\text{C}$. Базы данных считывались со встроенной памяти один-два раза в год в период мониторинговых работ на участке исследований. В лабораторных условиях в ЦКП «Геодинамика и геохронология» (г. Иркутск) выполнен анализ физическо-механических характеристик грунтов (гранулометрический и микроагрегатный состав) по методике [5].

Результаты исследования и их обсуждение. Исследование литологических особенностей разреза проводилось по керну скважины и в расчистках обнажений уступа террасы р. Сенца. Литологический состав грунтов в скважине и криогенное строение вскрытой толщи представлены на рис. 2. С поверхности и до глубины 1,9 м разрез сложен суглинками тяжелыми пылеватыми светло- и темно-коричневого цвета. Кровля мерзлых пород зафиксирована на глубине 1,1 м. Криотекстура мерзлого суглинка редко-, горизонтальнослоистая тонкошлировая, иногда до крупношлировой. Толщина шлиров – 3-5 мм. В нижней части этого слоя обнаружен прослой льда мощностью 1 см; лед с пузырьками воздуха круглой формы и включениями кусочков грунта (рис. 3а). С глубины 1,9 м льдистость грунта возрастает до более 50 %, он превращается в ледогрунт (рис. 3б). Криотекстура от крупношлировой до базальной, шлиры волнистые горизонтальнослоистые. Шлировый лед прозрачный с газовыми пузырьками. В интервале 2,8-2,9 м обнаружен прослой суглинка, содержащий скопление гумусированных остатков. С глубины 3,2 м криотекстура грунта становится сетчатой (неполновыраженной, косослоистой), местами толщина шлиров льда

превышает толщину грунтовых прослоек. Толщина как горизонтальных, так и вертикальных шпиров составляла 5-7 см. Видимая льдистость 30-40%. С появлением в разрезе глины темно-серой пылеватой криотекстура изменяется на косослоистую. В интервале 4,5-4,6 м вскрыт чистый прозрачный лед с большим количеством газовых пузырьков размером 1-5 мм (рис. 3в).

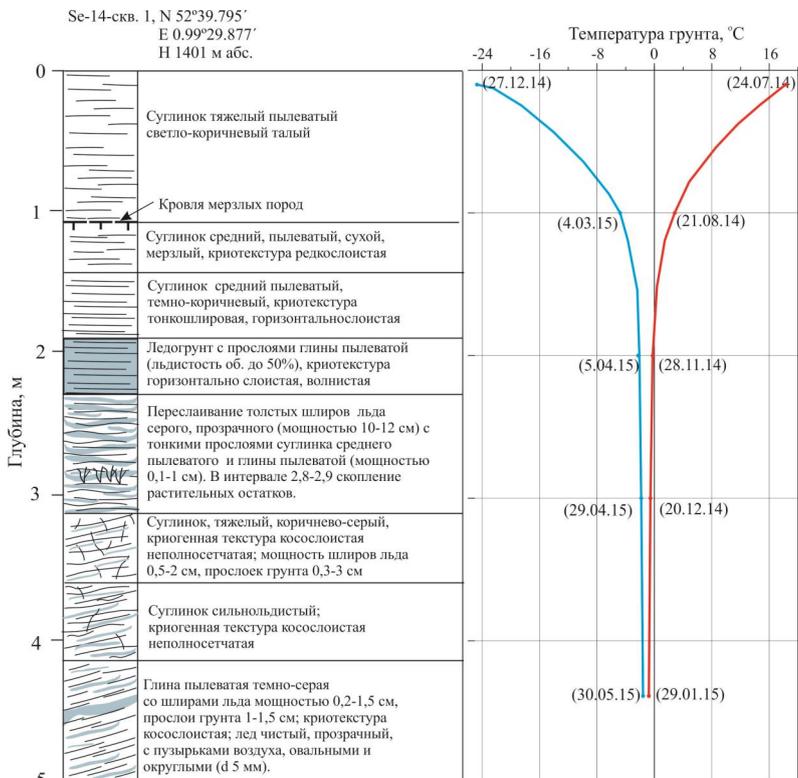


Рис. 2. Литологический состав грунтов скв. 1, криогенное строение мерзлых пород (голубым цветом показаны шпирь и линзы льда) и температура пород за период 4.07.2014 – 10.07.2015 г.

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. Размеры и форма пузырьков в газонасыщенном слое свидетельствуют о быстрой кристаллизации внедряющихся в грунт напорных подземных вод, в процессе которой растворенный газ не успевал улечься. В слабо насыщенном слое льда газовых пузырьков гораздо меньше, что может указывать на длительный режим льдообразования. Учитывая, что скважина пробурена на поверхности бугра пучения, можно предположить

неоднократные напорные инъекции вод в грунтовый массив при формировании бугра. Химический состав расплавов линз подземного льда – гидрокарбонатный кальциевый с минерализацией 6,5-11,2 мг/дм³, рН=5,6-6,7.



Рис. 3. Ледогрунт, глубина 1,8 м (а - керн перевернут на 180°) и 1,9-2,0 м (б) и чистый лед, глубина 4,5-4,6 м (в).

В результате температурных измерений в скважине получена термограмма изменения температуры грунта до глубины 4,4 м в годовом цикле (рис. 4).

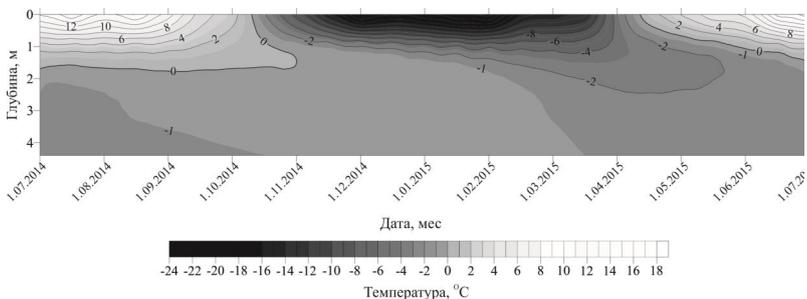


Рис. 4. Термограмма грунтовой толщи в долине р. Сенца по данным температурных датчиков в период 01.07.2014- 01.07.2015 г.

У поверхности (на глубине 0,1 м) температура грунтов изменяется от +18,3°С до -24,7°С. Протаивание начинается с установлением положительной среднесуточной температуры воздуха с середины апреля. Максимальной мощности – 1,8 м – сезонноталый слой достигает во второй половине августа. Процесс промерзания оттаившей грунтовой толщи начинается во второй половине октября, а смыкание с нижележащими многолетнемерзлыми породами происходит уже к началу ноября. Температура грунтов на глубине 4,4 м изменяется в диапазоне -0,8...-1,6 °С.

Заключение. Мерзлые породы в долине р. Сенца представлены льдистыми озерно-аллювиальными суглинками и глинами. Их температура в слое годовых теплооборотов на глубине 4,4 м понижается до -1,6 С. Судя по керну скважины и результатам химического анализа проб льда, бугор пучения представляет собой криогенное образование, вероятно, смешанного сегрегационно-инъекционного генезиса. Об этом свидетельствуют его строение - переслаивание линз льда и льдистых супесей и суглинков. В ходе промерзания отложений происходило не только сегрегационное льдовыделение, но и формирование ледяных прослоев мощностью до 10 см в результате неоднократного внедрения дополнительных порций напорных вод в грунтовую толщу.

В последние десятилетия с ростом среднегодовой температуры воздуха в долине р. Сенца происходит активное разрушение бугров пучения, сопровождающееся формированием небольших и крупных термокарстовых озер, а также интенсивное ежегодное отступление бровки надпойменной террасы в результате термоэрозии.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-05-00115. Авторы благодарны к.г.-м.н. С.Г. Аржанникову и к.г.-м.н. А.А. Рыбченко за существенную помощь в проведении полевых работ.

Литература

1. Васильчук Ю.К., Алексеев С.В., Аржанников С.Г., Алексеева Л.П., Буданцева Н.И., Чижова Ю.Н. и др. Изотопный состав ледогрунтового ядра минеральных бугров пучения в долине реки Сенца, Восточный Саян // Криосфера Земли, 2015. Т. XIX, № 2. С. 52-66.
2. Геокриология СССР. Горные страны юга СССР / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 360 с.
3. Гидрогеология СССР. Том XXII. Бурятская АССР. - М.: Недра, 1970. - 432 с.
4. Олюнин В.Н. 1965. Неотектоника и оледенение Восточного Саяна. - М.: Наука, 1965. - 127 с.
5. Рященко Т. Г. Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. 287 с.

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЯМАЛА И ГЫДАНА И ИХ КРИОЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

А.В. Баранская

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; alisa.baranskaya@yandex.ru

Было изучено 6 ключевых разрезов видимой части рыхлых отложений на севере полуостровов Ямал и Гыдан. Выявлено, что на острове Белый и полуострове Явай вскрываются прибрежно-морские отложения неглубокого водоема, перекрывающиеся каргинскими торфами и более поздними континентальными отложениями, а в более южных областях (полуостров Мамонта, мыс Хонарасала, побережье Енисейского залива) морские осадки перекрыты или прорезаны оскольчатými неслоистыми суглинками спорного генезиса с пластовыми льдами, выше которых также залегают континентальные отложения.

QUARTERNARY SEDIMENTS OF THE NORTHERN YAMAL AND GYDAN PENINSULA AND THEIR CRYOLITHOLOGICAL FEATURES

A.V. Baranskaya

Moscow State University Lomonosov (MSU), Moscow, Russia; alisa.baranskaya@yandex.ru

6 key sections of Quaternary sediments of the northern Yamal and Gydan have been studied. It has been revealed that on Belyi Island and Yavay Peninsula, coastal sediments of a shallow basin