

ВЕСТНИК СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА им. М.К. АММОСОВА
СЕРИЯ «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»

Сетевое научное периодическое издание

Издается с 2016 года

Издание выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»

№ 1(13) 2019

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ «ВЕСТНИКА СВФУ»

Главный редактор

Е.И. Михайлова, академик РАО, д. п. н.

Члены международного редакционного совета:

Л.Г. Гольдфарб, проф., Национальный институт неврологических заболеваний (NIH/NINDS) Национальных институтов здоровья США, г. Вашингтон; *С.А. Карабасов*, проф., Лондонский университет имени Королевы Мэри, Великобритания; *В.В. Красных*, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия; *Л.Сальмон*, проф., Генуэзский университет, Италия; *Бу Сок Хванг*, проф., Фонд биотехнологических исследований Soosat, Южная Корея; *Дж. Судзуки*, проф., Университет Саппоро, Япония; *Д.К. Фишер*, проф., Мичиганский университет, США; *Дж.Х. Чо*, проф., Университет Мёнджи, Южная Корея.

Члены редакционной коллегии:

А.Н. Алексеев, д.и.н., проф.; *А.А. Бурцев*, д.филол.н., проф.; *А.И. Гоголев*, д.и.н., проф.; *П.В. Гоголев*, д.ю.н., доц.; *А.И. Голиков*, д.п.н., проф.; *Г.Ф. Крымский*, д.ф.-м.н., акад. РАН, проф.; *А.А. Кугаевский*, к.э.н., доц.; *О.А. Мельничук*, д.филол.н., доц.; *И.И. Мордосов*, д.б.н., проф.; *А.П. Оконешикова*, д.психол.н., проф.; *А.А. Охлопкова*, д.т.н., проф.; *П.Г. Петрова*, д.м.н., проф.; *А.С. Саввинов*, д.филос.н., проф.; *П.В. Сивцева-Максимова*, д.филол.н., проф.; *Н.Г. Соломонов*, д.б.н., член-корр. РАН, проф.; *Ю.И. Трофимцев*, д.т.н., проф.; *Г.Г. Филиппов*, д.филол.н., проф.; *В.Ю. Фридовский*, д.г.-м.н., проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Заместитель главного редактора, редактор серии

Ю.Г. Данилов, к.г.н., проф.

Выпускающий редактор

В.Ю. Кузин, к.г.н.

Члены редакционной коллегии:

Л.М. Ахромеев, к.г.н., *С.Е. Григорьев*, к.б.н., *М.Н. Железняк*, д.г.-м.н., *М.М. Иудин*, к.т.н., *И.И. Ковлеков*, д.т.н., *О.М. Кривошапкина*, д.п.н., *Я.Б. Легостаева*, к.б.н., *В.С. Марков*, к.т.н., *А.П. Пестерев*, к.б.н., *М.Ю. Присяжный*, д.г.н., *Л.И. Полуфунтикова*, к.г.-м.н., *Н.А. Пуляев*, к.г.-м.н., *А.Н. Саввинова*, к.г.н., *В.Ю. Фридовский*, д.г.-м.н., *С. Ж.-П. Гададь*, д.г.н., проф., университет Aix Marseille (Экс Марсель), Франция, *Я. Колейка*, д.г.н., проф., университет Мазарик, г. Брно, Чехия; *Ж.-Л. Балэ*, проф., университет Aix Marseille (Экс Марсель), Франция, *В. Уэргэми*, университет Aix Marseille (Экс Марсель), Франция,

Адрес учредителя и издателя: 677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58

Адрес редакции: 677000, г. Якутск, ул. Курашова, 30/4.

Тел./факс: (4112) 32-16-79

Северо-Восточный федеральный университет

<http://s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/unir/vestnik-svfu/>

VESTNIK OF NORTH-EASTERN FEDERAL UNIVERSITY
“EARTH SCIENCES” SERIES

Network scientific periodical

Published since 2016

The frequency of publication is 4 times a year

The founder and publisher is Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “The M.K. Ammosov North-Eastern Federal University”

№ 1(13) 2019

VESTNIK OF NEFU EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

E.I. Mikhailova, Member of RAE, Doctor of Pedagogical Sciences

Members of the International Editorial Board:

L.G. Goldfarb, Prof., the National Institute of Neurological Diseases (NIH/NINDS) of National Institutes of Health of the USA, Washington; *S.A. Karabasov*, Prof., Queen Mary University of London, Great Britain; *V.V. Krasnykh*, Prof., Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Russia; *L.Salmon*, Prof., University of Genoa, Italy; *Woo Suk Hwang*, Prof., SOOAM Biotech Research Foundation, South Korea; *J.Suzuki*, Prof., Sapporo University, Japan; *D.C. Fischer*, Prof., University of Michigan, USA; *J.-H.Cho*, Prof., Myonqji University, South Korea.

Members of the Editorial Board:

A.N. Alekseev, Doctor of Historical Sciences, Prof.; *A.A. Burtsev*, Doctor of Philological Sciences, Prof.; *A.I. Gogolev*, Doctor of Historical Sciences, Prof.; *P.V. Gogolev*, Doctor of Legal Sciences, Associate Professor; *A.I. Golikov*, Doctor of Pedagogical Sciences, Prof.; *G.F. Krymsky*, Doctor of Physics and Mathematics, Member of RAS, Prof.; *A.A. Kugaevsky*, Candidate of Economic Sciences, Associate Prof.; *O.A. Melnichuk*, Doctor of Philological Sciences, Associate Professor; *I.I. Mordosov*, Doctor of Biological Sciences, Prof.; *A.P. Okoneshnikova*, Doctor of Psychological Sciences, Prof.; *A.A. Okhlopova*, Doctor of Technical Sciences, Professor; *P.G. Petrova*, Doctor of Medical Sciences, Prof.; *A.S. Savvinov*, Doctor of Philosophical Sciences, Prof.; *P.V. Sivtseva-Maximov*, Doctor of Philological Sciences, Prof.; *N.G. Solomonov*, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of RAS, Prof.; *Yu.I. Trofimtsev*, Doctor of Technical Sciences, Prof.; *G.G. Filippov*, Doctor of Philological Sciences, Prof.; *V.Yu. Fridovsky*, Doctor of Geological Sciences, Prof.

EDITORIAL BOARD OF THE SERIES

Deputy Editor-in-Chief, Editor of the Series:

Yu. G. Danilov, Candidate of Geographic Sciences, Professor

Commissioning Editor

V. Iu. Kuzin, Candidate of Geographic Sciences

Members of the Editorial Board of the Series:

L.M. Akhromeev, Cand. of Geographic Sciences; *S.E. Grigoryev*, Cand. of Biological Sciences; *M.N. Zhelezniak*, Cand. of Geological and Minerological Sciences; *M.M. Iudin*, Cand. of Geographic Sciences; *I.I. Kovlekov*, Dr. of Engineering Sciences; *O.M. Krivochapkina*, Dr. of Pedagogical Sciences; *I.B. Legostaeva*, Cand. of Biological Sciences; *V.S. Markov*, Cand. of Engineering Sciences; *A.P. Pesterev*, Cand. of Biological Sciences; *M.Yu. Prisyazhnyi*, Dr. of Geographic Sciences; *L.I. Polufuntikova*, Cand. of Geological and Minerological Sciences; *N.A. Puliaev*, Cand. of Geological and Minerological Sciences; *A.N. Savvinova*, Cand. of Geographic Sciences; *V.Yu. Fridovsky*, Dr. of Geological and Minerological Sciences, Prof.; *Gadal Sebastien Jean-Paul*, Professor, University Aix Marseille, Marseille, France; *Kolejka Jaromir*, Masaryk University, Professor. Brno, Ceska Republika; *Ballais Sebastien Jean-Louis*, Professor, University Aix Marseille, Marseille, France; *Ouerghemmi Valid*, University Aix Marseille, Marseille, France

Founder and publisher address: the North-Eastern Federal University, 677000, Yakutsk, ul. Belinskogo, 58.

Editors Office address: the North-Eastern Federal University, 677000, Yakutsk, ul. Kurashova 30/4.

Telephone/Fax: (4112) 32-16-79

<http://s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/unir/vestnik-svfu/>

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГИЯ

<i>Иванов А.И., Лоскутов Е.Е., Журавлев А.И., Справченко А.А., Прокопьев И.Р.</i> Мезозойские щелочные магматические образования Хохойского рудного поля (Верхнеамгинский район).....	5
---	---

КЛИМАТОЛОГИЯ

<i>Спектор В.Б., Спектор В.В., Кершенгольц Б.М., Лифшиц С.Х.</i> Фазы планетарных климатических циклов	15
---	----

ГЕОКРИОЛОГИЯ

<i>Скрябин П.Н.</i> Эволюция термического режима грунтов пирогенных территорий Центральной Якутии	30
<i>Варламов С.П.</i> Тепловое состояние грунтов в зоне влияния железной дороги в Центральной Якутии.....	36
<i>Мурзин Ю.А.</i> Термокарст Восточного Верхоянья	48
<i>Чевычелов А.П.</i> Лесные пожары в Якутии и их влияние на почвенный покров в аспекте прогнозируемого изменения климата	55

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

<i>Пономарев И.В., Боесков Г.Г.</i> Результаты исследования нового палеонтологического материала с реки Буотамы и прилегающих территорий (Природный парк «Ленские столбы»)	68
---	----

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

<i>Черепанова А.П., Данилова Е.В., Маркова В.Н.</i> Денежные доходы как главный критерий оценки уровня жизни населения (на примере Ленского и Олекминского муниципальных районов Республики Саха (Якутия), 2018 г.).....	77
--	----

CONTENT

GEOLOGY

A.I. Ivanov , E.E. Loskutov , A.I. Zhuravlev , I.R. Prokopiev , A.A. Kravchenko.

Mesozoic alkaline magmatic formations of the Khokhoi ore field (Upper Amga area) 5

CLIMATOLOGY

V.B. Spektor, V.V. Spektor, B.M. Kershengolts, S.Kh. Lifshits. Phases of planetary climatic cycles 15

GEOCRYOLOGICAL

P.N. Skryabin. Evolution of the thermal regime of the pyrogenic soils in central Yakutia..... 30

S.P. Varlamov. The soil thermal properties in the impact zone of railway in central Yakutia..... 36

Y.A. Murzin. Thermokarst in the eastern Verkhoyansk Mountains..... 48

A.P. Chevychelov. Forest fires in Yakutia and their impact on soil cover in terms
of predicted climate change..... 55

PALEONTOLOGY

I.V. Ponomarev , G.G. Boeskorov. Results of the study of a new paleontological material
from the Buotama River and adjacent territories (Lena Pillars Nature Park)..... 68

ECONOMIC, SOCIAL, POLITICAL AND RECREATIONAL GEOGRAPHY

A.P. Cherepanova, E.V. Danilova, V.N. Markova. Cash income as a main criterion for evaluating
the standard of living of the population: the case of Lensky and Olyokminsky municipal districts
of the Sakha Republic (Yakutia) in 2018..... 77

— ГЕОЛОГИЯ —

DOI 10.25587/SVFU.2019.13.27552

УДК 552.321.1 (571.56)

*А. И. Иванов¹, Е. Е. Лоскутов¹, А. И. Журавлев¹, А. А. Кравченко¹, И. Р. Прокопьев²*¹ Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия² Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия**МЕЗОЗОЙСКИЕ ЩЕЛОЧНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
ХОХОЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ВЕРХНЕАМГИНСКИЙ РАЙОН)**

Аннотация. В работе впервые рассматриваются петрографические составы мезозойских щелочных магматических пород Хохойского рудного поля. Последнее входит в состав Верхнеамгинской площади и расположена в северо-западной части Алдано-Станового щита, на стыке двух крупных структурных единиц Олекминской гранит-зеленокаменной области и Алданской гранулит-гнейсовой области, в зоне меридионального глубинного Амгинского разлома. Многочисленные щелочные и субщелочные магматические образования Лебединского монзонит-сиенит-гранитового комплекса этой территории связаны с наиболее продуктивным этапом – мезозойской тектоно-магматической активизацией Алданского щита. На территории рудного поля вскрываются мезозойские щелочные массивы Северный Босхо, Западный Босхо и Верхний Хохой, а также редкие дайки основного состава, изучению вещественных составов которых до последнего времени не уделялось значительного внимания. Основной целью данной работы являлось установление качественных количественно-минералогических характеристик всех магматических образований рудного поля с помощью кристаллооптических методов. В результате исследований

¹ *ИВАНОВ Алексей Иванович* – к.г.-м.н., н.с., Институт Геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

E-mail: Leps_2002@mail.ru

¹ *IVANOV Alexey Ivanovich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Scientific researcher, Institute of Geology of Diamond and Precious Metals, SB RAS.

E-mail: Leps_2002@mail.ru

¹ *ЛОСКУТОВ Евгений Евгеньевич* – к.г.-м.н., н.с., Институт Геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

E-mail: ee.loskutov@s-vfu.ru

¹ *LOSKUTOV Evgeniy Evgenievich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Scientific researcher, Institute of Geology of Diamond and Precious Metals, SB RAS.

E-mail: ee.loskutov@s-vfu.ru

¹ *ЖУРАВЛЕВ Анатолий Иванович* – м. н. с., Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

E-mail: Ai.zhuravlevgeo@gmail.com

¹ *ZHURAVLEV Anatolii Ivanovich* – Junior researcher, Institute of Geology of Diamond and Precious Metals, SB RAS.

E-mail: Ai.zhuravlevgeo@gmail.com

¹ *КРАВЧЕНКО Александр Александрович* – к.г.-м.н., с.н.с., Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

E-mail: freshrock@yandex.ru

¹ *KRAVCHENKO Alexander Alexandrovich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, Institute of Geology of Diamond and Precious Metals, SB RAS.

E-mail: freshrock@yandex.ru

¹ *ПРОКОПЬЕВ Илья Романович* – к.г.-м.н., н.с., Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

E-mail: prokop@igm.nsc.ru

¹ *PROKOPIEV Ilya Romanovich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Scientific researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS.

E-mail: prokop@igm.nsc.ru

проведенных в ИГАБМ СО РАН получены следующие результаты: породы массива Северный Босхо являются существенно лейкократовыми сиенит-порфирами с преобладающей гипидиоморфнозернистой и порфировой структурой. Породы массива Западный Босхо по количественному минеральному составу, в первую очередь по структурным особенностям отличаются от сиенитов Северного Босхо и являются монцонитами. Породы обладают монцонитовой, с элементами гипидиоморфнозернистой и порфировой структурой. Породы массива Верхний Хохой имеют заметное отличие от таковых массива Северный Босхо, а по структурным особенностям, близки монцонитам массива Западный Босхо. Породы характеризуются выраженной монцонитовой (с четким идиоморфизмом плагиоклаза относительно КППШ) структурой. Встреченные при полевых наблюдениях редкие обломки основных магматических пород не установленного генезиса, в результате кристаллооптического исследования отнесены нами к тефритам. Кроме этого установлена последовательность внедрения магматических пород Хохойского рудного поля. В целом данные исследования в этом направлении помогут пролить свет в ряде вопросов касающихся изучения эволюции мезозойской тектоно-магматической активизации Алдано-Станового щита.

Ключевые слова: Алдано-Становой щит, Верхнеамгинская площадь, Северный Босхо, Западный Босхо, Верхний Хохой, сиенит-порфир, монцонит, структура, КППШ, плагиоклаз, пироксен.

A. I. Ivanov¹, E. E. Loskutov¹, A. I. Zhuravlev¹, A. A. Kravchenko¹, I. R. Prokopiev²

MESOZOIC ALKALINE MAGMATIC FORMATIONS OF THE KHOKHOI ORE FIELD (UPPER AMGA AREA)

¹ Institute of Geology of Diamond and Precious Metals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

² V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Abstract. The article provides the first description of the petrographic compositions of Mesozoic alkaline igneous rocks of the Khokhoy ore field. The Khokhoy field forms part of the Upper Amga area and is localized in the northwestern part of the Aldan-Stanovoy shield, at the junction of two major structural units – Olyokma granite-greenstone area and the Aldan granulite-gneiss area, in the zone of the meridional deep-seated Amga fault. Numerous of alkaline and sub alkaline igneous rocks of the Lebedinsky monzonite-syenite-granite complex present in this territory are related to the most productive stage – Mesozoic tectonic-magmatic activation of the Aldan shield. Within the Khokhoy ore fields, there are exposed the Northern Boskho, Western Boskho and Upper Khokhoy alkaline massifs of Mesozoic age, as well as rare mafic dikes whose mineral compositions have been poorly studied until recently. The purpose of this article was to obtain high-quality data on the quantitative mineral composition of all igneous rocks of the Khokhoy ore field with the use of crystallooptical methods. As a result of investigations carried out at the DPMGI SB RAS it was found that rocks of the Northern Boskho massif are largely leucocratic syenite porphyries with prevalent hypidiomorphic granular and porphyritic textures. The rocks of the Western Boskho massif differ in their quantitative mineral composition, primarily in structural characteristics, from the Northern Boskho syenites, and correspond to monzonites. They have a monzonitic texture with elements of hypidiomorphic and porphyritic textures. The rocks of the Upper Khokhoy massif mineralogically differ noticeably from those of the Northern Boskho massif; however, structurally, they are close to the Western Boskho monzonites. They show a well-defined monzonitic texture (with clear plagioclase idiomorphism in contrast to K-feldspar). The crystallooptical studies of rare fragments of mafic igneous rocks of unclear genesis found during the field works showed they are tephrites. Also, the time sequence of intrusion of igneous rocks in the Khokhoy ore field is established. Generally, the data obtained may shed light on some problems concerning the evolution of Mesozoic tectonic-magmatic activation of the Aldan-Stanovoy shield.

Keywords: Aldan-Stanovoy shield, Upper Amga area, Northern Boskho, Western Boskho, Upper Khokhoy, syenite porphyry, monzonite, texture, K-feldspar, plagioclase, pyroxene.

Введение

Верхнеамгинская площадь расположена в северо-западной части Алдано-Станового щита, на стыке двух крупных структурных единиц Олекминской гранит-зеленокаменной области и Алданской гранулит-гнейсовой области, в зоне меридионального глубинного Амгинского разлома [1]. Многочисленные щелочные и субщелочные магматические образования Лебединского

монцонит-сиенит-гранитового комплекса этой территории связаны с наиболее продуктивным этапом – мезозойской тектоно-магматической активизацией Алданского щита [1-7]. Основная часть интрузий приурочена к периферии Ямалахского горста, к контакту кристаллического фундамента и терригенно-карбонатных отложений. Разнообразные по форме залегания (лакколиты, лакколитообразные залежи, штокообразные, пластовые тела и дайки) магматические образования локализуются в сравнительно узкой полосе северо-восточного субмеридионального простирания, и обособляются в качестве самостоятельного Верхнеамгинского района мезозойского магматизма, в пределах которого выделяется Хохойский рудный узел. На территории последнего, вскрываются мезозойские щелочные массивы Северный Босхо, Западный Босхо и Верхний Хохой (рис. 1), изучению которых до последнего времени не уделялось значительного внимания. Полученные данные, помогут получить представление о вещественном составе и этапах становления мезозойских магматических пород Хохойский рудного поля как одной из составляющих мезозойских субдукционных и коллизионных рудно-магматических систем у южной границы Северо-Азиатского крата.

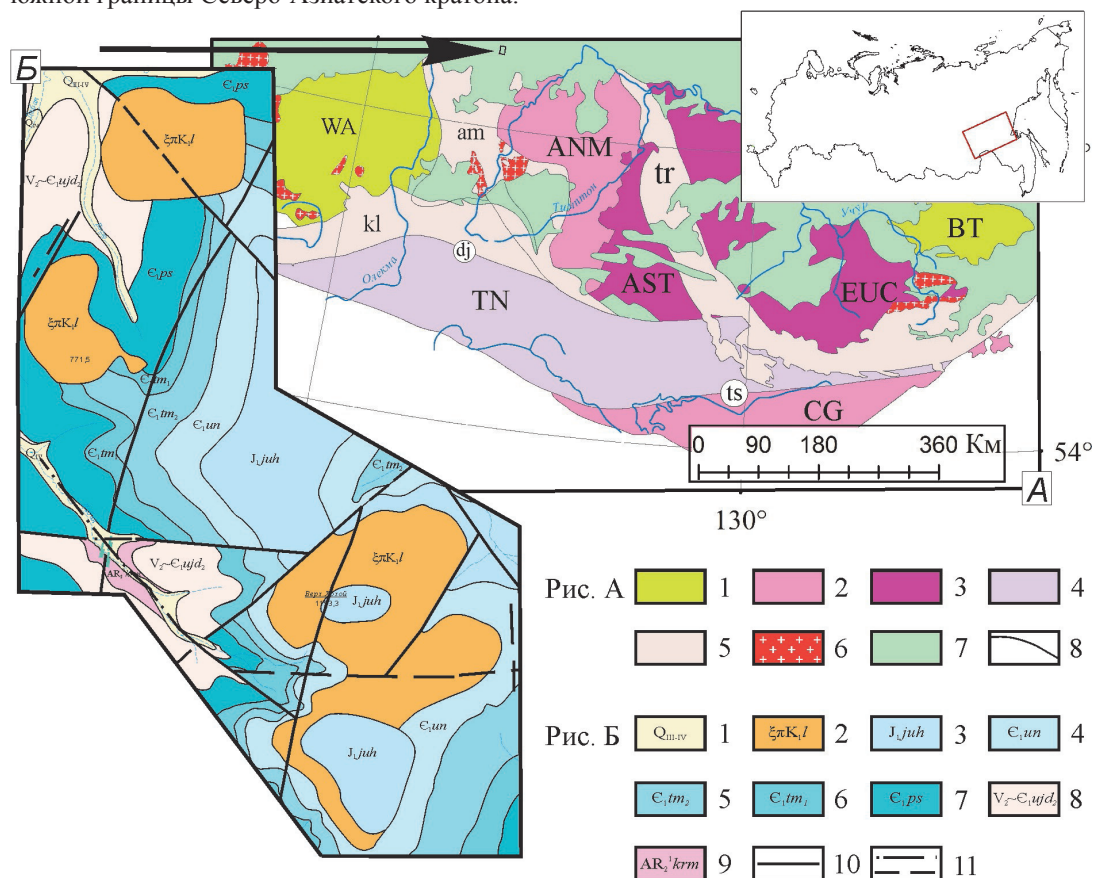


Рис. 1А. Тектоническая схема Алданского щита [6].

Рис. 1Б. Геологическая карта центральной части Хохойского рудного поля.

Условные обозначения:

Рис. 1А. 1 – гранит-зеленокаменные террейны (WA – Западно-Алданский, BT – Батомгский); 2 – гранулит-ортогнейсовые террейны (ANM – Нимнырский, CG – Чогарский); 3 – гранулит-парагнейсовые террейны (AST – Сутамский, EUC – Учурский); 4 – Тоналит-грондьеит-гнейсовые террейны (TN – Тындинский); 5 – Зоны тектонического меланжа (am – Амгинская, kl – Каларская, tr – Тыркандинская); 6 – сшивающие раннепротерозойские граниты; 7 – чехол Сибирской платформы; 8 – разломы (dj – Желтулакский, ts – Таксакандинский).

Рис. 1Б. 1 – аллювиальные отложения; 2 – Лебединский плутонический комплекс монцонит-сиенит-гранитовый. Лакколиты, лакколитообразные залежи, штоки, пластовые тела эгирин-авгитовых, рогово-обманково-пироксеновых, роговообманковых сиенитов, сиенит-порфиров, биотит-авгитовых сиенитов. Лакколитообразные залежи и штоки сиено-диоритов, монцонитов, микросиенитов; 3 – Ютинская свита.

Песчаники разнозернистые, олигомиктовые, линзы и прослои гравелитов, конгломератов, алевролитов; 4 – Унгелинская свита нерасчлененная. Светло-серые и желтовато-серые доломиты с прослоями пестроцветных мергелей и мергелистых доломитов; 5 – Тумулдурская свита. Верхняя подсвита. Серые и светло-серые доломиты с желваками и линзами кремней, с редкими прослоями мергелистых доломитов; 6 – Тумулдурская свита. Нижняя подсвита. Светло-серые, кремневые и серые доломиты. Вверху пласт строматолитового доломитового известняка; 7 – Пестроцветная свита. Красноовато-бурые и зеленоовато-серые мергели и мергелистые доломиты; 8 – Усть-юдомская свита. Верхняя подсвита. Серые, темно-серые битуминозные доломиты с маломощными прослоями мергелистых доломитов; 9 – Курумканская свита. Кварциты с пачками гнейсов и кристаллических сланцев; 10 – Разрывные нарушения главные; 11 – Разрывные нарушения второстепенные.

Петрография магматических пород Хохойский рудного поля

Для определения количественно вещественного состава мезозойских магматических пород рассматриваемых объектов было изучено 60 петрографических шлифов на поляризационном микроскопе МИН-8, фото шлифов сделаны на электронном поляризационном микроскопе Olympus BX 50, при увеличении 25, 40, 100 камера Zeiss Axio Cam ICc 3.

Массив Северный Босхо

Сиенит-порфиры слагающие массив Северный Босхо (рис. 2а) являются существенно лейкократовыми порфиrowыми, гипидиоморфнозернистыми разностями, образующими штокообразное тело без фациальных переходов. В составе пород отмечается преобладание калиевого полевого шпата (КПШ) 52 % над плагиоклазом 35 %, присутствие кварца до 3 % в зоне закалки (рис. 2б) западного контакта массива и в виде редких ксенолитов размером 3х1,5 см (рис. 2в,г). Лейкократовость пород массива объясняется низким содержанием темноцветных минералов в сумме до 7 % и ниже (роговая обманка 4 %, авгит 2 %, биотит 1 %). Из аксессуарных минералов выделены единичные зерна апатита. Для пород массива характерно присутствие рудного минерала до 3 % развитого по темноцветным минералам. Для основных породообразующих минералов (КПШ, плагиоклаз и пироксен) характерно присутствие двух генераций.

КПШ первой генерации выделяются порфиrowыми кристаллами неправильной формы, границы зерен корродированны, с подобием сутуровых швов (рис. 2д), нередко с пертитовым строением (врослки альбита в ортоклазе рис. 2е), с включениями темноцветных минералов в частности пироксена. Периферические и/или ядерные части зерен частично или полностью замещены продуктами вторичных изменений (пелитизация) из-за чего приобретают буроватые и темно бурые тона. Вторая генерация КПШ в основной массе представлена более мелкими зернами по сравнению с первой и образует зерна с неровными очертаниями, неправильной вытянутой формы, наряду с мелким плагиоклазом. Плагиоклаз первой генерации представлен самостоятельными порфиrowыми прямоугольными и призматическими кристаллами (рис. 2ж), для которых характерны простые и полисинтетические двойники, со следами серицитизации как в центральных, так и в периферических участках кристаллов, с корродированными каймами плавления. Вторая генерация – прямоугольные, неправильной формы кристаллы с полисинтетическим двойникованием, повсеместно подвержены вторичным изменениям в частности серицитизации, присутствует в виде основной массы на ряду с КПШ второй генерации. Моноклинный пироксен отмечается как в виде единичных порфиrowых зерен (первая генерация), так и в виде включений (вторая генерация) в КПШ первой генерации (рис. 2з). Представлен редкими удлиненно-призматическими кристаллами (авгит), а так же длиннопризматическими игольчатыми индивидами с тупыми концами, окрашен цветами интерференционной окраски от розоватых до сине-зеленоватых тонов, в зависимости от среза. Угол погасания до 43°. Сильно изменен или замещается роговой обманкой почти до полных псевдоморфоз. Роговая обманка чаще неправильной формы редко в виде коротких призм с неправильными очертаниями, нередко образует мономинеральные скопления. Угол погасания до 25°, угол между спайностями 120°, заметно плеохроирует от бледно-зеленого, зеленого до бледно-бурого цветов. Апатит крайне редкий, наблюдается в породе в виде ксеноморфных, округлых зерен. Диагностируется по-маленькому двупреломлению, прямому погасанию, положительному рельефу. Кварц присутствует как в виде неправильных округлых зерен в основной массе с характерным облачным погасанием, так и в виде автолитов с рубашкой из темноцветных минералов и редкими включе-

ниями последних. Рудный минерал неправильной формы, развит по темноцветным минералам (опацизация роговой обманки и биотита).

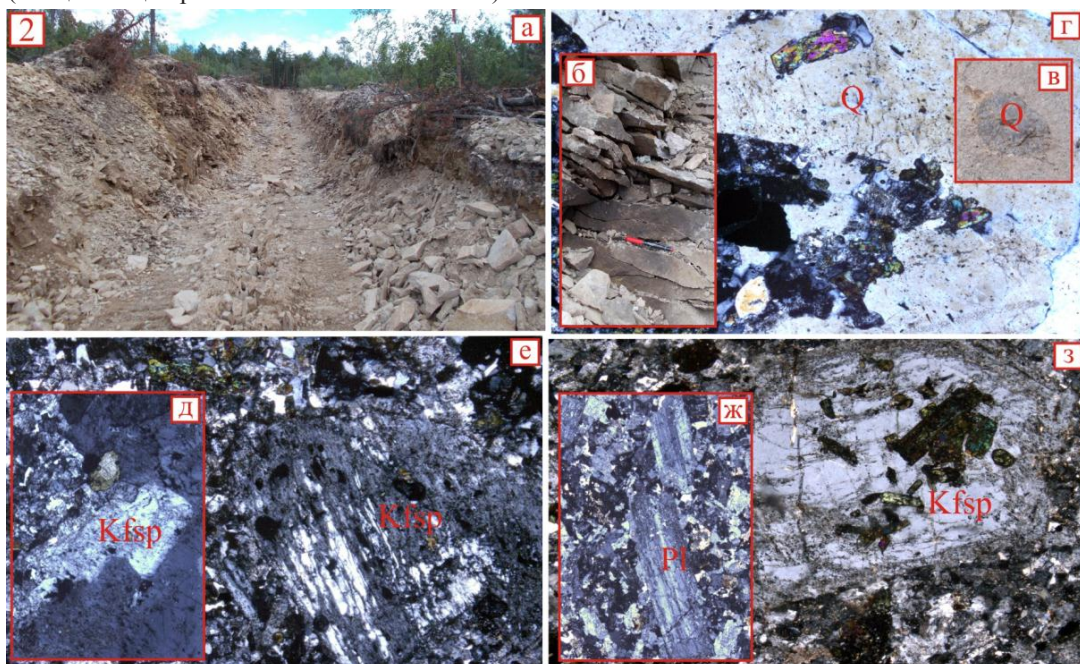


Рис. 2. Общий вид в расчистке массива Северный Босхо (а); Зона заделки западного контакта (б) массива Северный Босхо; Шлиф А17-1. Ксенолит (?) кварца (в,г) в сиенит-порфире. Увел. 40, николи X. Шлиф А17-1. КПШ сиенит-порфиров массива Северный Босхо. Сутуровые швы (д) и пертитовое строение (е). Увел. 40, николи X. Шлиф А17-10. Порфировые зерна плагиоклаза (ж) и КПШ (з) с корродированными границами и микровключениями темноцветных минералов. Сиенит-порфир массива Северный Босхо. Увел. 40. Николи X

Массив Западный Босхо

По петрографическому составу, а также по структурным особенностям, породы массива Западный Босхо (рис. 3а) являются монцонитами и образуют штокообразное тело. Породы характеризуются монотонностью состава и представлены лейкократовыми существенно полевошпатовыми разностями, с монцонитовой, фрагментами гипидиоморфнозернистой, а также порфировой структурой обусловленной наличием вкрапленников КПШ, плагиоклаза и пироксена (рис. 3б). Минеральный состав пород имеет заметное отличие от массива Северный Босхо и характеризуется повышенным содержанием плагиоклаза до 65 % при низком – КПШ до 20 %, более высоким – темноцветных минералов (в сумме до 10 %) при преобладании пироксена 7 % над роговой обманкой 3 %. В составе пород так же отмечается незначительное количество рудного минерала до 2 % образованного по зернам амфибола. В породах также присутствует позднематматический кварц до 3 %. В кристаллах КПШ плагиоклаза и пироксена выделяется по две генерации минералов.

Первая генерация КПШ пород массива Западный Босхо представлена неправильной формы порфировыми зернами, несущими в себе идиморфные кристаллы плагиоклаза (рис. 3в) и мелкие включения темноцветных минералов, незначительно пелитизированный, редко с пертитовым строением. КПШ второй генерации, представлен неправильными зернами основной массы, количественно преобладая над плагиоклазом второй генерации. Подвержены продуктам вторичных изменений (пелитизация) от чего имеет темно-бурую окраску в местах изменения. Плагиоклаз первой генерации представлен идиморфными порфировыми кристаллами прямоугольной и призматической форм, для которых характерны простые и полисинтетические двойники, а также зональные агрегаты (см. рис. 3б). Вторая генерация – прямоугольные, призматические с неправильными очертаниями индивиды с простым двойникованием, присутствует как в виде основного базиса на ряду с КПШ второй генерации, так и в виде включений в краевых

частях ранней генерации КПШ. Пироксен первой генерации представлен порфировыми кристаллами призматического облика, зерна подвержены вторичным изменениям. Вторая генерация в виде мелких кристаллов призматического облика, неправильных форм, угол погасания до 45° , цвета интерференции низшего порядка. Выполняет как мономинеральные скопления, так и с роговой обманкой выполняющей редкие зерна неправильной формы (рис. 3г). Угол погасания последней до 30° , заметно плеохроирует от зеленого, темно-зеленого цвета до бурого цветов. Развита по пироксену с образованием не полной, частичной каемки из рудного минерала неправильной, округлой формы, так же представленного самостоятельными индивидами. Кварц представлен небольшими зернами округлой формы в интерстициях между плагиоклазом, КПШ и темноцветными минералами.

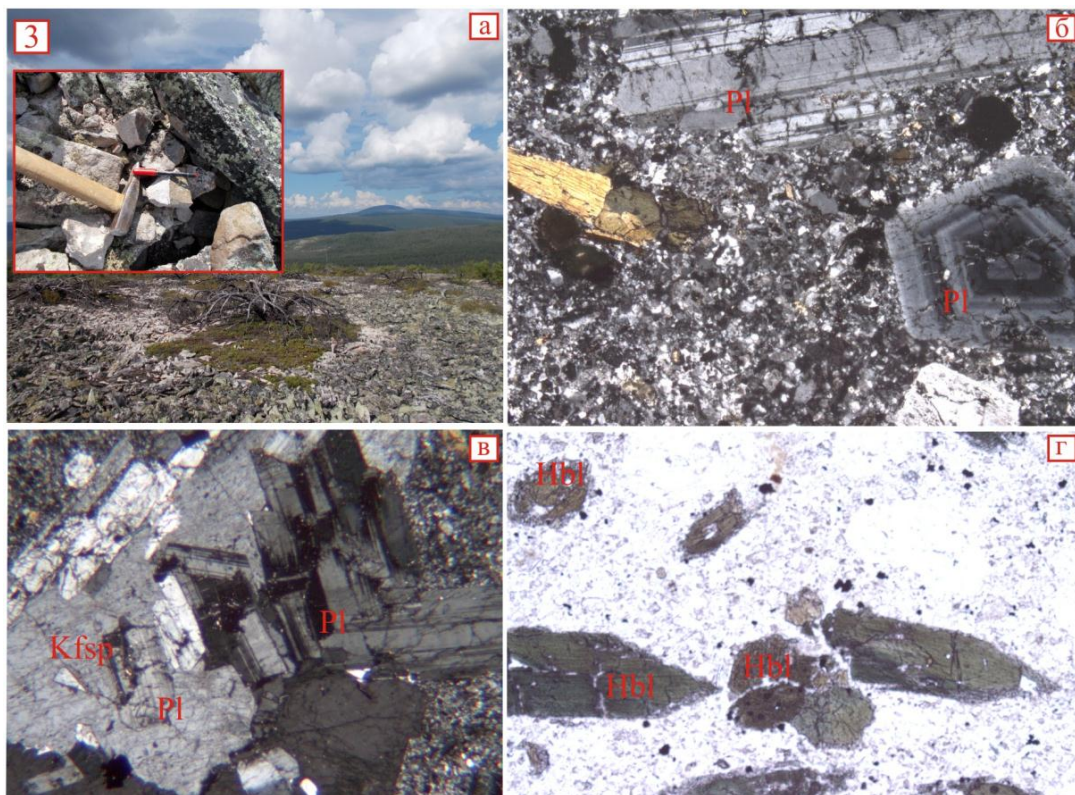


Рис. 3. Общий вид массива Западный Босхо (а); Шлиф А17-17. Порфировые зерна плагиоклаза и темноцветных минералов первой генерации, на фоне общей массы породы массива Западный Босхо (б). Увел. 40, николи Х. Шлиф А17-17. порфировые полисинтетические кристаллы плагиоклаза в КПШ (в), монцониты массива Западный Босхо. Увел. 20. Николи Х. Шлиф А17-17. Порфировые кристаллы роговой обманки (г) в монцонитах массива Западный Босхо. Увел. 40, николи – .

Массив Верхний Хохой

Породы массива *Верхний Хохой* (рис. 4а) близки монцонитам и являются лейкократовыми разностями, с преобладающей фельзитовой, характерной монцонитовой (с четким идиоморфизмом плагиоклаза относительно КПШ, а также наличие идиоморфных кристаллов плагиоклаза, включенных в зерна калишпата (рис. 4б) структурой, на фоне которой выделяются порфировые зерна КПШ, плагиоклаза и темноцветных минералов. Породы массива характеризуются относительно равным содержанием КПШ до 30 % и плагиоклаза до 50 %. Распределение темноцветных минералов в них не равномерное, отмечается существенное преобладание роговой обманки 10 % над авгитом 5 %. Основная масса состоит из трудно диагностируемого полевого шпата и мелкого биотита 2 %. В породах также присутствует кварц до 2 %. Количество рудного минерала до 1 %.

КПШ двух генераций, первая – представлена неправильными порфировыми зернами, несущими серицитизированные зерна плагиоклаза второй генерации, подвержены пелитизации, в

редких зернах с каймой изменения. КПШ второй генерации, представлен неправильными мелкими зернами основной массы. Подвержены продуктам вторичных изменений, имеет темно-бурю окраску в местах изменения. Первая генерация плагиоклаза представлена идиоморфными порфиrowыми кристаллами прямоугольной и призматической форм, для которых характерны простые и полисинтетические двойники (рис. 4в), а также редкое присутствие зональных индивидов. Для кристаллов плагиоклаза ранней генерации характерно присутствие включений плагиоклаза и КПШ поздней генерации. Вторая генерация – прямоугольные, призматические, с неправильными очертаниями кристаллы с полисинтетическим двойникованием, присутствует как в виде основного базиса на ряду с КПШ второй генерации, так и в виде включений в краевых частях ранней генерации. Пироксен представлен редкими порфиrowыми кристаллами призматического и коротко призматического облика, иногда с округленными краями, подвержен вторичным изменениям неравномерно распределен по породе в целом. Угол погасания до 45° . Цвета интерференции низшего порядка. Роговая обманка представлена призматическими кристаллами и зернами неправильной формы. Частично развита по пироксену с образованием каемки из рудного минерала и несет в себе включения акцессорных минералов (рис. 4г, д). Угол погасания до 30° . Кварц представлен, как небольшими зернами округлой формы (в амфиболе), так и более крупными ксеноморфными выделениями и округлыми зернами в интерстициях между плагиоклазом, КПШ и темноцветными минералами. Рудный минерал неправильной, округлой формы, развит как по темноцветным минералам в виде каемок, так и представлен самостоятельными агрегатами.

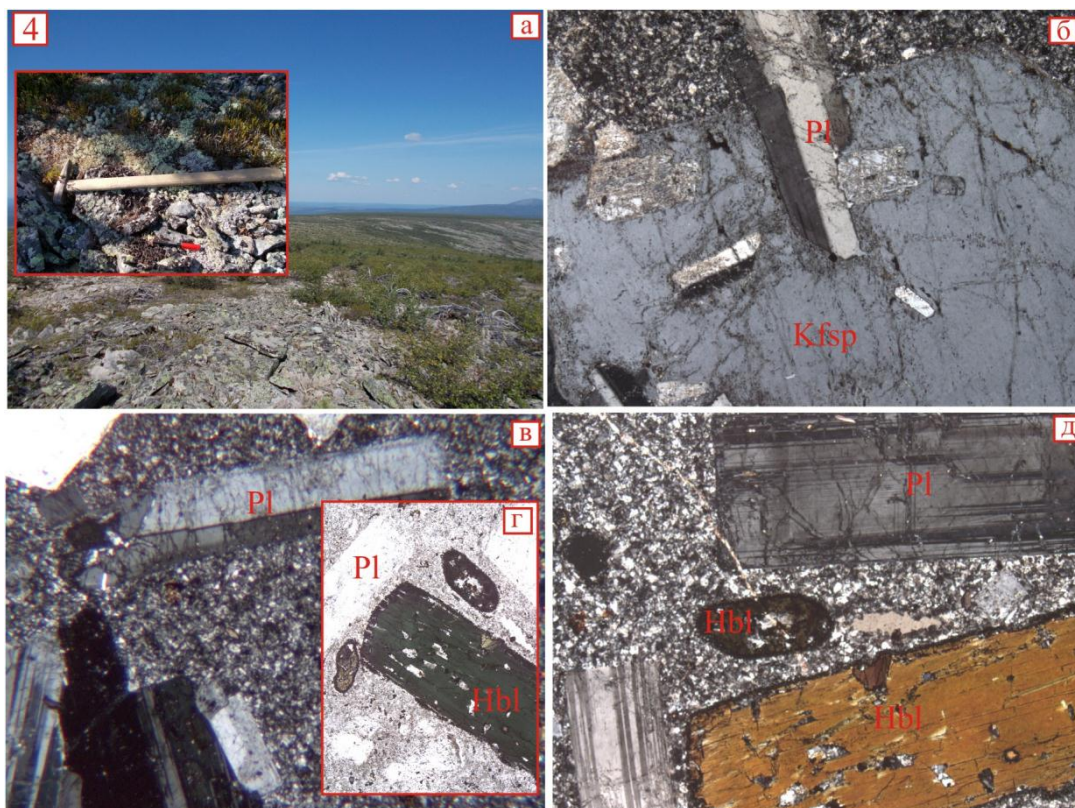


Рис. 4. Общий вид массива Верхний Хохой (а); Шлиф А17-23. Кристаллы плагиоклаза в порфиrowых выделениях КПШ (б), монзониты массива Верхний Хохой. Увел. 40, николи Х. Шлиф А17-26. Порфиrowые зерна плагиоклаза первой генерации (в), на фоне общей фельзитовой массы породы массива Верхний Хохой. Увел. 20, николи Х. Шлиф А17-26. Роговая обманка (г,д) в монзонитах массива Верхний Хохой. Увел. 40, николи Х.

Дайки основного состава

В пределах массивов Северный Босхо и Верхний Хохой при полевых наблюдениях нами

были обнаружены обломки сильно выветрелых, измененных пород (рис. 5а) без структурной принадлежности и отнесены нами к *тефритам*. Структура пород пилотаксовая, порфировая обусловленная вкрапленниками пироксена. Минеральный состав породы: плагиоклаз – 20 %, пироксен – 40 %, апатит – 3 %, вулканическое стекло – 7 %, продукты вторичных изменений – 20 %, рудные минералы – 10 %.

Плагиоклаз андезитов входит в состав основной массы в виде лейст (рис. 5б), сильно изменен вторичными процессами (серицитизация, карбонатизация) теряя свой первоначальный вид, диагностируется только в наименее измененных участках в виде простых и полисинтетических двойников. Наряду с пироксеном второй генерации составляет общую массу породы. Пироксен – представлен двумя генерациями. Ранняя – собственно порфировые кристаллы призматической формы, несущие в себе многочисленные включения апатита, интенсивно трещиноваты с развитием по трещинам продуктов вторичного изменения (рис. 5в). Плеохроирует от светло-серого до светло-желтого. Цвета интерференции низшего порядка от темно-серого до светло-желтого. Поздняя – удлиненные, призматические, игольчатые с тупыми концами кристаллы (эгириин) и их обломки, как в виде мономинеральных скоплений, так и в виде отдельных разностей не равномерно распределенные по породе и слагающие ее основную массу. Цвета интерференции в целом от низших до высших порядков. Роговая обманка представлена редкими индивидами неправильной формы. Плеохроизм от светло-зеленого до темно-зеленого, от светло-коричневого до темно-коричневого цветов. Вулканическое стекло – бесформенные выделения светло-зеленого цвета. Рудные минералы – неправильной формы, неравномерно распределены по породе в виде отдельных зерен. Апатит – представлен кристаллами короткопризматического облика гексагонально-дипирамидальной формы, в зависимости от среза шлифа может быть изометрично-гексагональным. Встречается в виде включений в пироксене ранней генерации и не редко в основной массе (базисе). Для пород характерно присутствие карбонатных миндалин (рис. 5г).

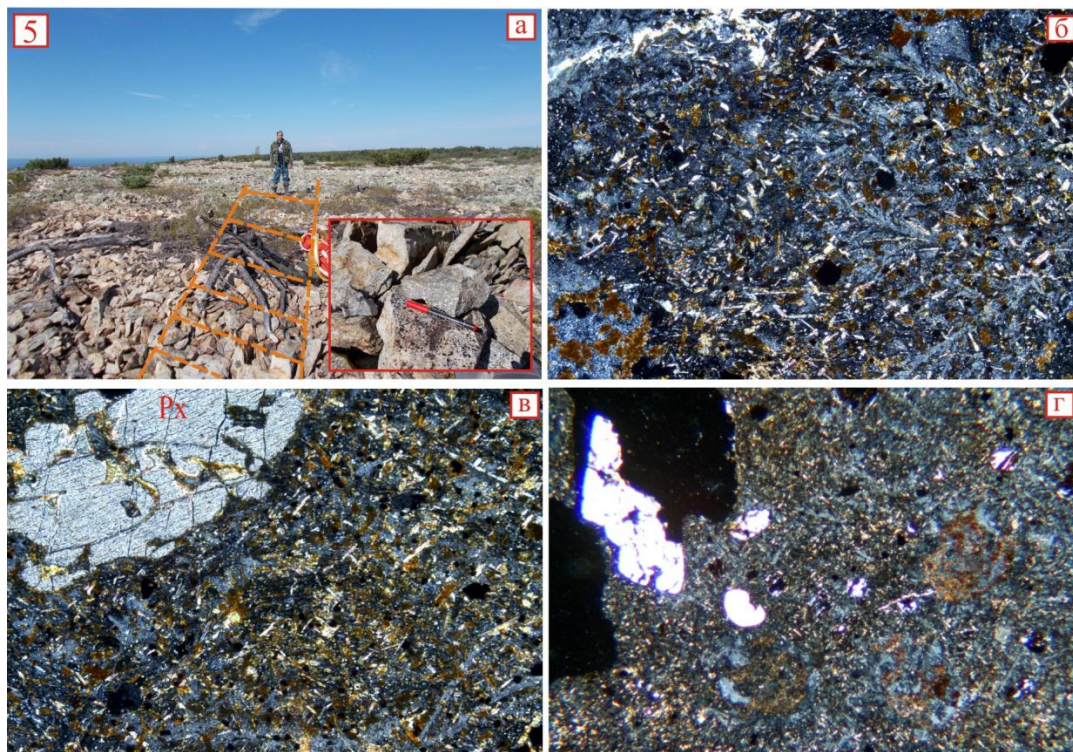


Рис. 5. Область распространения обломков даек тефритов (а); Шлиф А17-12. тефрит (?) Хохойского рудного поля. Пилотаксовая основная масса породы (б). Увел. 70, николи X. Шлиф А17-12. тефрит (?). Порфировые кристаллы пироксена (в). Увел. 70, николи X. Шлиф А17-12/1. тефрит (?). Измененные карбонатные миндалины (г). Увел. 20, николи X.

Заключение

При кристаллооптическом изучении магматических образований Хохойского рудного поля нами не было выделено фациальных переходов или различий фаз внедрения в каждом массиве отдельно. Составы магматических образований однообразны и отличаются только в целом по массивам.

Породы массива Северный Босхо сложены существенно лейкократовыми сиенит-порфирами с преобладающей гипидиоморфнозернистой и порфировой структурой. Сильно изменены и несут следы пелитизации, серицитизации и опацицитизации. Характерно пертитовое строение КПШ, зачастую наблюдаются сутуровые швы, каймы плавления, как плагиоклаза, так и КПШ. Не редко пироксен замещается амфиболом до полных псевдоморфоз. Стоит отметить количественное преобладание роговой обманки над пироксеном.

Породы массива Западный Босхо по количественному минеральному составу, в первую очередь по структурным особенностям отличаются от сиенитов Северного Босхо и являются монцонитами. Породы обладают монцонитовой, с элементами гипидиоморфнозернистой и порфировой структурой. Плагиоклаз часто зональный. Отмечается количественное преобладание плагиоклаза над КПШ и пироксена над роговой обманкой. Породы массивов подвергались вторичным изменениям (пелитизация, серицитизация).

Породы массива Верхний Хохой имеют заметное отличие от таковых массива Северный Босхо, а по структурным особенностям, близки монцонитам массива Западный Босхо. Породы характеризуются выраженной монцонитовой (с четким идиоморфизмом плагиоклаза относительно КПШ) структурой, относительно равным содержанием КПШ и плагиоклаза, преобладанием роговой обманки над пироксеном.

Во время полевых исследований нами были встречены редкие обломки магматических пород неустановленного генезиса. В результате кристаллооптического исследования пород мы пришли к выводу, что данные разновидности относятся к тефритам. Породы в целом очень сильно изменены вторичными процессами – серицитизацией, опацицитизацией, карбонатизацией. Для уточнения возрастных взаимоотношений последних с массивами необходимо провести дополнительные исследования абсолютного возраста.

Особенности состава даек тефритов и принадлежность к основной группе пород, а также значительные постмагматические изменения пород косвенно указывают на внедрение этих образований в ранний этап мезозойской активизации из мантийного источника. Формирование пород массива Западный Босхо, скорее всего, проходило в ходе фракционной кристаллизации в основном только темноцветных породообразующих минералов, что отражается в их петрографическом составе, где содержание темноцветов достигает 10 %, этот факт позволяет предположить внедрение первым из хохойской группы массивов. По особенностям составов пород массивов Верхний Хохой и Северный Босхо можно допустить, что последние могли образовываться из остаточных дифференциатов при фракционной кристаллизации породообразующих минералов с участием плагиоклазов. То есть магматизм Хохойского рудного поля обнаруживает черты гомодромной последовательности развития (рост лейкократовости магматизма, от ранних к более поздним образованиям).

Таким образом, предполагая последовательность образования магматических пород Хохойского рудного поля началась с внедрения даек тефритов с последующим – монцонитов массивов Западный Босхо, Верхний Хохой и на заключительной стадии сиенит-порфиров Северный Босхо.

Работа выполнена в рамках проектов НИР 0381-2016-0001, 0381-2016-0003.

Литература

1. Билибин Ю.А. Послеюрские интрузии Алданского района / Ю.А. Билибин // Петрография СССР, серия 1 Региональная петрография. – 1940. – Вып. 10.
2. Кононова В.А. Мезозойский калиевый магматизм Центрального Алдана: геодинамика и генезис / В.А. Кононова, В.А. Первов, О.А. Богатиков, У. Мюс-Шумахер, Й. Келлер // Геотектоника. – 1995. – № 3. – С. 35-45.

3. Кравченко С.М., Власова Е.В. Щелочные породы Центрального Алдана. – М. Изд-во АН СССР, 1962. – 127 с.
4. Максимов Е.П. Опыт формационного анализа мезозойских магматических образований Алданского щита / Е.П. Максимов // Известия АН СССР: серия геологическая. – 1975. – № 4. – С. 16-32.
5. Терехов А.В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Эльконского золото-урановорудного узла: Южная Якутия: дис. ... к.геол.-мин.н.: 25.00.11 – Санкт-Петербург: Всерос. науч.-исслед. геол. ин-т им. А.П. Карпинского, 2012. – 220 с.
6. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / отв. ред. Л.М. Парфенов, М.И. Кузьмин. – М.: Наука/Интерпериодика, 2001. – 570 с.
7. Kravchenko A.A., Smelov A.P., Popov N.V., Zaitsev A.I., Beryozkin V.I., Dobretsov V.N. First data on the composition and age of the lower crust of the central part of the Aldan-Stanovoy Shield: results of study of xenoliths from Mesozoic plutons // Craton Formation and Destruction with special emphasis on BRICS cratons University of Johannesburg, South Africa 21-22 July 2012. Workshop Abstract Volume. P. 62-63.

References

1. Bilibin YU.A. Posleyurskie intruzii Aldanskogo rajona / Yu.A. Bilibin // Petrografiya SSSR, seriya 1 Regional'naya petrografiya. – 1940. – Vyp. 10.
2. Kononova V.A. Mezozojiskij kalievij magmatizm Central'nogo Aldana: geodinamika i genezis / V.A. Kononova, V.A. Pervov, O.A. Bogatkov, U. Myus-SHumaher, J. Keller // Geotektonika. – 1995. – № 3. – S. 35-45.
3. Kravchenko S.M., Vlasova E.V. Shchelochnye porody Central'nogo Aldana. – М.: Izd-vo AN SSSR, 1962. – 127 s.
4. Maksimov E.P. Opyt formacionnogo analiza mezozojiskih magmaticheskikh obrazovanij Aldanskogo shchita / E.P. Maksimov // Izvestiya AN SSSR: seriya geologicheskaya. – 1975. – № 4. – S. 16-32.
5. Terekhov A.V. Rudonosnost' gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovanij Ehl'konskogo zoloto-uranovorudnogo uzla: Yuzhnaya Yakutiya: dis. ... k.geol.-min.n.: 25.00.11 – Sankt-Peterburg: Vseros. nauch.-issled. geol. in-t im. A.P. Karpinskogo, 2012. – 220 s.
6. Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Saha (Yakutiya) / отв. red. L.M. Parfenov, M.I. Kuz'min. – М.: Nauka/Interperiodika, 2001. – 570 s.
7. Kravchenko A.A., Smelov A.P., Popov N.V., Zaitsev A.I., Beryozkin V.I., Dobretsov V.N. First data on the composition and age of the lower crust of the central part of the Aldan-Stanovoy Shield: results of study of xenoliths from Mesozoic plutons // Craton Formation and Destruction with special emphasis on BRICS cratons University of Johannesburg, South Africa 21-22 July 2012. Workshop Abstract Volume. P. 62-63.

— КЛИМАТОЛОГИЯ —

DOI 10.25587/SVFU.2019.13.27553

УДК 551.583.7

В. Б. Спектор¹, В. В. Спектор¹, Б. М. Кершенгольц², С. Х. Лифшиц³¹ Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия² Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное научное учреждение в составе ФИЦ ЯНЦ СО РАН, г. Якутск, Россия³ Институт проблем нефти и газа – обособленное научное учреждение в составе ФИЦ ЯНЦ СО РАН, г. Якутск, Россия**ФАЗЫ ПЛАНЕТАРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ**

Аннотация. Для климатических изменений, происходивших в течение последних 400 тысяч лет, характерна цикличность. На протяжении этого отрезка времени имело место 5 климатических циклов. В отличие от существующего представления, объясняющего климатические циклы изменениями солнечной активности, авторы объясняют цикличность автоколебаниями саморегулируемой климатической системы Земли. В эталонном полном предпоследнем (137-18 тысяч лет назад) климатическом цикле выделяется 4 фазы, соответствующие стадийности процесса самоорганизации, названные нами: «терминация» (в терминах нелинейной динамики соответствует состоянию «динамический хаос»), «редукция» (соответствует состоянию «бифуркации»), «модерация» (соответствует состоянию «диссипативная структура»), «кульминация» (соответствует состоянию «стационарное состояние»). Стадийность внутри циклов и цикличность обеспечивается за счет преобразования относительно стабильной солнечной энергии посредством перераспределения ее во внутренних энергетических резервуарах системы: тепловых, гравитационных, геохимических, биологических.

Ключевые слова: климатические циклы; саморегулируемая климатическая система; плейстоцен; палеоклимат.

¹ **СПЕКТОР Владимир Борисович** – д.г.-м.н., г.н.с., Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

E-mail: vspektor@mail.ru

¹ **SPEKTOR Vladimir Borisovich** – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, Melnikov Permafrost Institute, SB RAS.

E-mail: vspektor@mail.ru

¹ **СПЕКТОР Валентин Владимирович** – к.г.н., в.н.с., Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

E-mail: valentin_spektor@mail.ru

¹ **SPEKTOR Valentin Vladimirovich** – Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Melnikov Permafrost Institute, SB RAS.

E-mail: valentin_spektor@mail.ru

² **КЕРШЕНГОЛЬЦ Борис Моисеевич** – д.б.н., академик АН РС(Я), проф., г.н.с., Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное научное учреждение в составе ФИЦ ЯНЦ СО РАН.

E-mail: kerschen@mail.ru

² **KERSHENGOLTS Boris Moiseevich** – Doctor of Biological Sciences, Academician AS RS(Y), prof., Chief Researcher, Institute of Biological Problems of Cryolithozone, Yakut Scientific Center, SB RAS.

E-mail: kerschen@mail.ru

³ **ЛИФШИЦ Сара Хаимовна** – к.х.н., в.н.с., Институт проблем нефти и газа – обособленное научное учреждение в составе ФИЦ ЯНЦ СО РАН.

E-mail: s.h.lifshits@ipng.ysn.ru

³ **LIFSHITS Sara Khaimovna** – Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, Institute of Oil and Gas Problems, Yakut Scientific Center, SB RAS.

E-mail: s.h.lifshits@ipng.ysn.ru

V. B. Spektor¹, V. V. Spektor¹, B. M. Kershengolts², S. Kh. Lifshits³¹ Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia² Institute of Biological Problems of Cryolithozone, Yakut Scientific Center, SB RAS, Yakutsk, Russia³ Institute of Oil and Gas Problems, Yakut Scientific Center, SB RAS, Yakutsk, Russia

PHASES OF PLANETARY CLIMATIC CYCLES

Abstract. Periodicity is peculiar to climatic changes that occurred for the last 400 kyr. During this period, 5 climatic cycles took place. In contrast to the present concept explaining the climatic cycles by changing solar activity, we consider the periodicity as a result of auto oscillations of self-regulating climatic system of the Earth. In the etalon, complete, penultimate (137-18 kyr B.P.) climatic cycle, 4 phases, corresponding to stadiality of self-organisation process, were separated. We named those as follows: 'termination' (in terms of nonlinear dynamics, corresponding to the state 'dynamic chaos'), 'reduction' (corresponding to the state 'bifurcation'), 'moderation' (corresponding to the state 'dissipative structure'), and 'culmination' (corresponding to the state 'stationary state'). Stadiality inside cycles and periodicity are provided by transformation of a relatively stable solar energy through its redistribution in internal energy reservoirs: heat, gravitational, geochemical, and biological.

Keywords: climatic cycles; self-regulating climatic system, Pleistocene, palaeoclimate.

Введение

Одной из наиболее сложных природных систем на Земле является климатическая система. Основная её особенность заключается в упорядоченности (закономерности и относительном постоянстве) основных климатических параметров на значительных площадях в течение длительных промежутков времени, которая формируется в результате преобразования и перераспределения лучистой солнечной энергии очень подвижными естественными носителями (водой и воздухом) и энергии нижних слоев литосферы, в условиях быстро меняющихся параметров этих носителей и приемников энергии. Поддержание высокоорганизованного климатического порядка при изменчивости, разнообразии и безграничном количестве взаимодействующих компонент, в условиях открытости во внешнее космическое пространство и в нижние слои литосферы, характеризует климатическую систему как сложную, открытую, сильно удаленную от термодинамического равновесия и потому самоорганизующуюся. Упорядоченность климатической системы во времени выражается в форме повторяющихся климатических циклов, а внутри циклов – в фазах, связанных с переходом системы из одного состояния в другое.

Попытки синергетического подхода к анализу климатической системы ранее были применены в нескольких работах [1-7 и др.]. Однако, с позиций самоорганизации климатической системы главные её свойства: цикличность во времени и смена состояний, а также природа негэнтропии, за счет которой система становится способной к организации диссипативных структур не получили соответствующего объяснения.

Цикличность климата и ее причины

Эволюция климатической системы в последние 400 тыс. лет характеризуется цикличностью (рис. 1). Большинство исследователей в качестве наиболее крупных таксонов климатической цикличности выделяют «100-тысячелетние» климатические циклы [8-12 и др.] и связывают их возникновение с изменением объемов инсоляции [17 и др.], возникающих при изменении орбитальных параметров Земли. Вариации инсоляции могут быть вызваны квазипериодическими изменениями трёх орбитальных элементов – эксцентриситета эллиптической орбиты Земли, угла наклона земной оси к плоскости эклиптики и прецессии земной оси [13]. Но, как замечает Дж. Кеннет: «Циклы вариаций эксцентриситета обуславливают в лучшем случае 0,1 % изменений приходящей на земную поверхность инсоляции.... Не ясно, каким образом вариации орбиты трансформируются в региональные климатические изменения. Не выяснен механизм перехода воды из океанов в ледниковые щиты. Остается нерешенной проблема быстрой дегляциации... Фактически нет единой теории, адекватно объясняющей все характеристики позднеледниковой климатической истории» [13, с.136]. Результаты исследований А.С.Монина и Ю.А.Шишкова [3], указывают на то, что спутниковые измерения обнаружили лишь кратковременные вариации солнечного излучения, а вариации с периодами цикла около 11,5 лет, выделенные Миланковичем, «в спектрах климатических рядов колебания с периодами

солнечного цикла около 11,5 лет не проявляются» [3, с. 424]. Кроме того, отмечается несоответствие во времени климатических экстремумов диаграммы Миланковича максимумам и минимумам изотопно-кислородной кривой, полученной по кернам Антарктического льда [11, 14] и отсутствие на этой кривой ≈ 100 -тысячелетней периодичности. Об этом же свидетельствует и моделирование климата Земли [15], по результатам которого установлено, что изменений *солнечной радиации* в результате орбитальных колебаний Земли *недостаточно* само по себе, чтобы произвести наблюдаемые климатические изменения. Предполагается, что климат определяют многие факторы и, в первую очередь, атмосфера Земли и ее составляющие: углекислый газ, метан, аэрозоли [15].

Хотя колебания приходящей солнечной энергии характеризуются относительно небольшой амплитудой, составляющей доли (0,2 %) процента [16], климат на протяжении последних ≈ 400 тысяч лет испытывал значительные периодические и аperiodические, колебания, соответствующие увеличению внешнего источника тепла в десятки раз. Нет никаких оснований предполагать такое увеличение потока лучистой солнечной энергии на протяжении четвертичного периода. Таким образом, наблюдаемую климатическую цикличность невозможно объяснить традиционными детерминистическим подходом – особенностями орбитальных параметров или изменением интенсивности лучистой солнечной энергии.

Это позволяет предположить, что цикличность климатического процесса является отражением одного из его собственных основных свойств – самоорганизации во времени, возникновением автоколебаний. Короткопериодные колебания с аномальными периодами в месяцы и годы называются «долгосрочными изменениями погоды»; глобальные краткосрочные аномалии – «вибрации» климата; периоды 10^1 – 10^2 лет – «перемежаемость» климата [3]. Более продолжительные, до $n \times 10^3$ лет колебания относятся к «короткопериодическим», а $n \times 10^4$ – $n \times 10^5$ – к «длиннопериодическим» климатическим циклам. Предметом нашего исследования являются длиннопериодические климатические циклы четвертичного периода. Они проявляется, в частности, в том, что количественные характеристики льдов Антарктического ледникового щита (содержание парниковых газов, тяжелых изотопов водорода и кислорода, пыли во льдах, объем ледникового щита, температура приземного слоя воздуха) закономерно изменяются в течение последних 400 тыс. лет вот уже пятый раз [11]. Это позволяет выделить пять длиннопериодных климатических циклов (табл. 1, рис. 1), которые несколько отличаются по продолжительности и структуре от общепринятых ледниковых циклов [7].

Таблица 1

Сопоставление климатических и ледниковых циклов последних 420 тыс. лет

Климатические циклы [7]		Ледниковые циклы [17]	
Индекс	Верхний и нижний временные рубежи в тыс. лет назад	Индекс	Верхний и нижний временные Рубежи
A_k	Современный незавершенный 18-0	A	Современный, незавершенный 11-0
B_k	137-18	B	120-11
C_k	242-137	C	240-120
D_k	334-242	D	330-240
E_k	Неполный, без начала, 420-334	E	400-330

Выделенные циклы начинаются с периода резкого роста температур и заканчиваются периодом минимальных (в течение цикла) температур.

До сих пор нет удовлетворительного ответа на вопрос: откуда берется приток энергии для процесса роста температур в течение цикла и куда отводится высвобождаемая энергия? «Ведь по законам термодинамики, если имеет место приток энергии извне, расходуемый на убывание энтропии в открытых сильно неравновесных системах (поток «негэнтропии»), то должно быть эквивалентное количество термодинамических систем, в которых энтропия должна возрастать» Общепринятый, но ничего не говорящий об источниках и механизмах, ответ на заданные вопросы таков: «В природе действует космический закон цикличности (или периодичности).

В бытии мира всё циклично (по кругооборотам) чередуются периоды созидания эволюционного порядка (полупериоды прогресса от простых к высокоорганизованным системам) и регресса, распада, возврата к исходной простоте (полупериоды регресса от высокоорганизованных систем к исходному состоянию)» [18]. С точки зрения синергетики цикличность является следствием свойства самоорганизации сложных эволюционирующих структур.

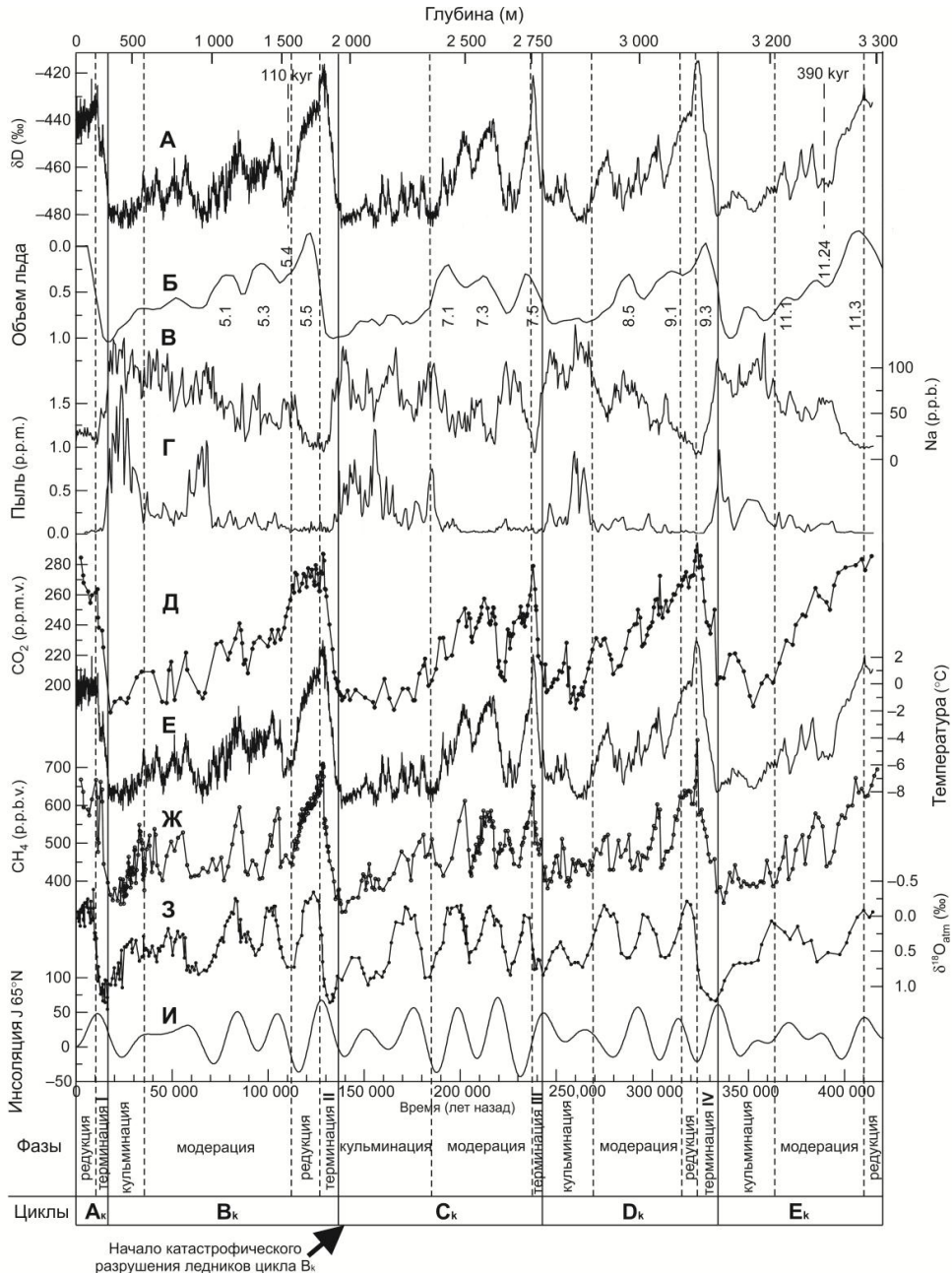


Рис. 1. Изменения по шкале времени переменных, характеризующих климат, по керну льда антарктической станции «Восток» за последние 420 тысяч лет [11] и границы климатических циклов и их фаз: А – содержание дейтерия во льдах; Б – объем ледников; В – содержание иона натрия во льдах; Г – содержание пылевых частиц во льдах; цифры – номера морских изотопных стадий; Д – содержание углекислого газа в пузырьках воздуха; Е – превышение температуры приземного слоя относительно современной; Ж – содержание метана в пузырьках воздуха; З – содержание тяжелого изотопа кислорода во льдах; И – средняя июньская инсоляция на 65°с.ш. (Вт×м²). Сплошными корреляционными линиями показаны границы климатических циклов; прерывистыми – климатических фаз

Сложная самоорганизованная система «чтобы поддерживать свою целостность, периодические преодолевать тенденцию к стохастическому распаду ... должна существовать в колебательном режиме, позволяющем замедлять процессы и устанавливать общий темп развития внутри сложной структуры» [4, с.13]. В нелинейных моделях определенного класса «установлено существование двух взаимодополнительных режимов эволюции сложных систем – LS-режима локализации и возрастания интенсивности процессов и HS-режима расплывания структур и охлаждения» [4, с.14].

Авторам представляется, что разнопорядковая периодичность климата является отражением сложной структуры климатической системы и сосуществования разнопорядковых автоколебаний, связанных с входящими в систему подсистемами. В первом приближении, можно принять, что «долгосрочные изменения погоды» связаны с атмосферной подсистемой (темпором), имеющей очень короткую энергетическую память. «Вибрации климата» связаны с короткопериодическими катастрофическими событиями, оставляющими память о себе в подсистемах океана, поверхности суши, включая криосферу. «Климатические циклы», вероятно, отражают работу темпомира всей климатической системы Земли. Большая продолжительность климатических циклов объясняется, скорее всего, большим объемом и инерционностью масс тектоносферы, частично вовлеченной в климатическую систему.

Изменения энергетического состояния климатической системы связаны с процессами депонирования свободной энергии в энергетических резервуарах (*потоками негэнтропии как между системой и окружающей средой, так и между подсистемами*) и периодическим освождением этой энергии, сопровождаемым переходом ее из одной формы в другую.

Депонирование энергии климатической системы

Появление новых состояний самоорганизующихся систем «обусловлено рождением коллективных мод под действием флуктуаций, их конкуренций и отбором «наиболее приспособленной моды» или комбинации таких мод» [19, с.41]. В процессе рождения коллективных мод вклад перераспределения оперативных и депонированных энергетических ресурсов в каждой из подсистем (атмосфера, гидросфера, литосфера, криосфера, биосфера) и между ними может быть весьма значительным или решающим. Непредсказуемое во времени высвобождение накопленной энергии и обеспечивает флуктуацию системы. Вместе с тем, входящие в систему подсистемы могут иметь собственные флуктуации, более значительные из которых порождают «аддитивный шум», а случайные – «мультипликативный» шум [19].

Рассмотрим резервуары энергии, которые сосредоточены, в гидросфере, атмосфере, криосфере и тектоносфере. Наиболее крупным резервуаром тепла является океан. Масса океанической воды в 258 (по некоторым данным в 275) раз больше массы атмосферного газа. «Разовое содержание тепла в океане в 21 раз превышает ее поступление к земной поверхности в целом. Даже в 4-метровом слое океанической воды тепла в 4 раза больше, чем во всей атмосфере» [20, с.129]. Теплоемкость океана превышает теплоемкость суши и атмосферы и, благодаря этому, он является тепловым регулятором [21] и, следовательно, тепловым резервуаром планеты. Основная доля поглощенной солнечной радиации и основной теплообмен с атмосферой происходит в деятельном слое океана (ДСО), достигающем нескольких сот метров [21]. Средняя годовая температура поверхностных вод Мирового океана 17,4°C, что на 3°C выше средней годовой температуры воздуха [21, 22]. Это гигантский объем тепловых резервов, если учесть, что для нагрева атмосферы на 1° потери тепла океана составят 0,001° [23]. При современных темпах потепления (среднее 0,025 град/год по [24]) выравнивание температур океана и приземного слоя воздуха произойдет, примерно, через 100 тыс. лет (в течение климатического цикла!), если система океан-атмосфера будет изолированной. Значительный объем потенциальной энергии накапливается в океанах при эндотермическом образовании нерастворимых карбонатов, а при экзотермическом их превращении, с участием растворенного CO₂, в растворимые бикарбонаты энергия выделяется в виде тепла, что также приводит к повышению температуры соответствующих слоев гидросферы [25, 26]. Помимо накопителя ощутимого тепла и карбонатов, океан также является резервуаром основных парниковых газов, находящихся в нём в конденсированном (растворенном и/или твердофазном) виде: водяного пара, углекислого газа и метана.

Потенциальные запасы водяного пара в климатической системе безграничны. Содержание его в атмосфере около 0,3 %. Вклад водяного пара в парниковый эффект земной атмосферы составляет около 20,6°С [3] – около 78 % парникового эффекта. Известно, что при росте температуры увеличивается образование водяного пара, и на каждые 10°С возможное содержание водяного пара в воздухе почти удваивается [27].

Вклад углекислого газа в парниковый эффект земной атмосферы составляет около 7°С (около 16 % парникового эффекта) [27]. Его содержание в гидросфере (прежде всего океаны) сейчас составляет $4 \cdot 10^4$ Гт углерода (отсюда и далее приводятся данные по CO_2 в пересчете на углерод), включая глубинные слои [28]. В атмосфере в настоящее время содержится около $7,5 \cdot 10^2$ Гт углерода [29, 30]. При повышении температуры воды океанов от 5 до 10°С, коэффициент растворимости CO_2 в ней уменьшается приблизительно с 1,4 до 1,2 [30], что приводит к его эмиссии в атмосферу.

Основной объем депонированного метана (99 %) содержится в океанах в виде метангидратов (условия образования $t < 0-2^\circ\text{C}$ и давление ≥ 25 бар). При разложении 1 м³ метангидрата выделяется до 160 м³ метана, радиационная активность которого в создании парникового эффекта атмосферы в 21 раз выше, чем CO_2 . К 2000 году радиационный форсинг от повышения концентрации метана составил 0,5 Вт/м², т.е. треть от радиационного форсинга CO_2 (1,5 Вт/м²) или около 6 % парникового эффекта. Всего же в метангидратах сосредоточено около 10 тыс. Гт метана в пересчете на углерод [27, 30]. Как считает О.В.Ивашенко [27], для разрушения практически всех залежей океанических метангидратов, необходим прогрев глубинных вод и прилегающего слоя верхнего слоя донных пород не менее чем на 30°С. Но для разрушения нескольких процентов от этих запасов (что хватит для сильнеешего влияния на тепловой баланс Земли), достаточно всего лишь потепления на несколько градусов [27].

Роль атмосферы как резервуара энергии относительно невелика. Это связано с тем, что срок «энергетической памяти» атмосферы измеряется первыми десятками дней. В климатической системе Земли атмосфера играет роль преобразователя, транспортера и, благодаря парниковому эффекту, «защитника и сберегателя» энергии, циркулирующей в системе. В атмосфере тепловая энергия содержится постоянно в больших объемах в виде, в основном, скрытой теплоты испарения водяного пара. Его конденсация в тех или иных объемах в относительно короткий промежуток времени может привести к определенным климатическим изменениям.

В литосфере, по сравнению с океанами, депонировано значительно меньше тепловой энергии и парниковых газов. Весьма значительны здесь запасы углерода, который при попадании на границу литосферы и атмосферы может стать компонентом углекислого газа. В литосфере депонировано $6 \cdot 10^7$ Гт углерода [31]. Одними из функционирующих источников этого газа являются криогенные отложения. Небольшое количество радиационного энергетического бюджета, приходящееся на фотосинтез и почвообразование (≈ 1 % по [20]), превращается в климатообразующий фактор за десятки тысяч лет накопления в криолитосфере. Так, по нашим данным, в минеральной составляющей ледового комплекса криолитозоны (токодисперсные высокльдистые отложения северных территорий, занимающие до 5 % Арктики) содержится в среднем 5 % органической составляющей, что при таянии мерзлоты может существенно увеличить содержание парниковых газов в атмосфере.

В «вечной» мерзлоте содержатся метангидраты – менее 1 % общего запаса.

Значительные запасы гравитационной энергии могут быть сосредоточены в криосфере в форме ледников. Энергия, затраченная на испарение и подъем паров в верхние слои атмосферы, на определенных этапах эволюции климатической системы переходит в гравитационный потенциал ледников. Общие запасы льдов на Земле в наши дни достигают 25,8 млн. км³ (в водном эквиваленте), что составляет две трети пресных вод на планете [32]. Если учесть, что в ледниковые эпохи объем ледников мог быть в несколько раз больше современного, запасы льда могли достигать 62 млн. км³, и массы $6 \cdot 10^4$ Гт. Такие значительные нагрузки были сосредоточены на относительно небольшие участки литосферы и, несомненно, приводили к гляциоизостатическим движениям, потере устойчивости тектоносферы, разрушению ледников, гидрогенным катастрофам. Наибольшей интенсивности такие события достигали в периоды максимального похолодания, приуроченные к концу климатических циклов.

Вышеотмеченное позволяет сделать два вывода: (1) наиболее значительные запасы энергии (и запас неэнтропии) климатической системы Земли сосредоточены в тепловом и конденсированном (твердофазном и в виде растворенных бикарбонатов) резервуаре океанов и гравитационном резервуаре ледников; (2) поскольку приток внешней энергии (инсоляций) изменяется в небольших диапазонах, разделенных незначительными промежутками времени, значительные флуктуации переменных климатической системы в 100-тысячелетних циклах связаны с поступлением энергии из энергетических резервуаров.

Фазы климатического цикла

Рассмотрим эволюцию состояний (фаз) типового климатического цикла (V_k) на основе анализа температурной кривой приземного слоя воздуха, определенной по составу ледникового разреза Антарктиды (Рис. 1, кривая «Е» по [11]), в следующей последовательности: 1) динамическое стационарное состояние предшествующего климатического цикла, теряющее устойчивость в результате уменьшения амплитуды управляющих параметров и обострения «борьбы флуктуаций» (своеобразная аритмия климатической системы), приводящих, в итоге, к разрушению диссипативной структуры – фаза *кульминация* $С_k$; (Таблица 1) 2) сильно неравновесное состояние – «динамический хаос», которое выделяется по [16] как фаза *терминация*; 3) состояние «бифуркация», переходное в состояние «диссипативная структура» B_k – фаза *редукция*; 4) динамическое квазипорядоченное состояние «диссипативная структура» B_k – фаза *модерация*; 5) динамическое стационарное состояние анализируемого климатического цикла, теряющее устойчивость в результате обострения борьбы флуктуаций, – фаза *кульминация* B_k . Различие состояний климатической системы в разных фазах обусловлено соотношением уровней производства энтропии и неэнтропии и, возникающем при этом различием управляющих параметров в климатической системе.

Рассмотрим закономерности перехода от одной фазы к другой, природу потоков неэнтропии и охарактеризуем работу энергетических резервуаров, сопровождающую этот процесс.

1) *Динамическое стационарное состояние*, теряющее устойчивость в результате уменьшения амплитуды управляющих параметров и обострения «борьбы флуктуаций», приводящих, в итоге, к разрушению диссипативной структуры, *кульминация*, рассматривается на примере аналогичной фазы цикла, предшествующего рассматриваемому – цикла $С_k$, 185 до 137 т.л.н. (рис. 1, «кульминация»). Выбор данной фазы в качестве типичного для заключительной части климатического цикла обусловлен динамической сопряженностью ее с последующими фазами цикла V_k , значительной ее продолжительностью и возможностью детально рассмотреть особенности перехода от одного климатического цикла к другому. Обозначенный интервал климатического цикла, как и другие аналогичные состояния за последние 420 т.л., характеризуется наиболее низкими показателями температуры приземных слоев атмосферы (min – ниже -10°C , относительно современной среднегодовой температуры), неупорядоченностью температурных колебаний (температурный шум с частотами колебаний от 15 тысяч до нескольких сот лет, разброс амплитуд колебаний $0,5-4^{\circ}\text{C}$). Такой режим температурных колебаний с мелкими неупорядоченными флуктуациями, обусловленными аддитивным и мультипликативным шумом [19] соответствует теряющему устойчивость динамическому стационарному состоянию, что приводит в дальнейшем к разрушению диссипативной структуры, «режиму с обострением».

В начале этого состояния ещё соблюдается динамический энергетический баланс климатической системы между приходящей и уходящей энергией, главное – между энтропией и неэнтропией [33]. В стационарном неравновесном состоянии между переменными преобладают отрицательные обратные связи.

В первой половине фазы (185-175 т.л.н., см. рис. 1) запасы зарезервированной энергии достигают максимума. Они сосредоточены: в криосфере в форме гравитационной энергии ледников; в гидросфере – в виде растворенного CO_2 , а также осаждающихся в эндотермической реакции карбонатов и в экзотермической реакции – метангидратов. В криолитозоне сосредотачиваются запасы органического углерода, который, наряду с растворенными в гидросфере CO_2 и осадочными метангидратами способны образовать парниковые газы при повышении температуры соответствующей среды.

Вместе с тем, площадь и интенсивность испарения резко падают. Это следует из сопоставления параметров объема льдов Антарктиды и содержания пыли во льдах (рис. 1), которые четко связаны обратной зависимостью. Высокое содержание пыли указывает на возрастание вулканической активности, которая способствует росту ледников. С другой стороны, этот показатель свидетельствует на возросшую скорость ветров, а, следовательно, на интенсивность испарения. При максимуме объема ледников количество пыли приближается к нулю. В самой же пыли, при этом, уменьшается количество ионов Na^+ , что указывает на сокращение площадей открытого моря. Такое состояние системы, поддерживаемое чередованием мало амплитудных отрицательных и положительных обратных связей, является относительно устойчивым и его следует определить как «предкритическое» по отношению к «режиму с обострением»

Во второй половине фазы (157-137 т.л.н.) система переходит в крайне неустойчивое состояние, из которого систему выводят даже слабо интенсивные воздействия. Первопричиной перехода, по-видимому, является процесс высвобождения *депонированной потенциальной энергии ледников*. Разрушение и следующее за ним «расползание» ледниковых покровов устанавливается по следующим характерным изменениям переменных: остановке роста ледников при очень низких температурах приземного слоя воздуха; снижению содержания пылевых частиц, в том числе морской пыли. Расползание ледников привело к смешению агрегатных состояний воды (твердой, жидкой и газообразной), к перемешиванию океанических глубинных и поверхностных пресных вод, повышению уровня и расширению площади океанов и, вследствие этого, к возбуждению элементов хаотического режима. Это привело к высвобождению и других форм депонированной энергии: (1) *экзотермическому* растворению карбонатов с участием растворенного CO_2 в основном объеме вод Мирового океана, т.к. карбонатная линия находится высоко (положительная обратная связь); (2) дальнейшее повышение температуры гидросферы привело к частичному *эндотермическому*, разложению метангидратов (отрицательная обратная связь) и (3) эмиссии парниковых газов CO_2 и CH_4 (положительная обратная связь). Вследствие этого в системе, в следующей фазе, возникают положительные обратные связи, обеспечивающие нелинейный рост температуры приземного слоя воздуха при сохранении климатической системой способности к самоорганизации.

2) *Состояние, терминции* продолжалось от 137 т.л.н. до 127 т.л.н. За этот относительно короткий промежуток времени средняя температура приземного слоя воздуха возросла на 11°C , а средняя скорость роста температур составила $1,375^\circ/1000$ лет. В течение рассматриваемого отрезка времени произошел лавинообразный рост температуры и связанных с ним значений других переменных, при сохранении системой способности к самоорганизации. Так как это состояние, в рамках теории нелинейной динамики, относится к состоянию «динамический хаос» [4], то его можно назвать состоянием самоорганизованной критичности (ССОК) [34], которое, как отмечают исследователи, «... характеризуется некоторыми признаками хаотического режима, проявляет масштабную инвариантность ... не зависит от величины внешнего воздействия или флуктуаций, и даже совершенно ничтожное воздействие может привести к лавине громадных последствий (катастрофе)... Система сама поддерживает собственное критическое состояние» [34, с.138]. Причина ССОК – максимальное возбуждение положительных обратных связей в системе, обусловленных повышением содержания парниковых газов в атмосфере и снижением их растворимости в гидросфере. Каждое последовательное повышение температуры поверхности гидросферы вызывает выплеск парниковых газов, усиливает парниковый эффект и, вызывает дальнейшее повышение температуры верхнего слоя океанов – классический «режим с обострением». Помимо повышения температуры воды океанов (верхнего слоя, до глубин первых сотен метров) происходит и увеличение содержания водяных паров в атмосфере, несущих скрытую теплоту испарения.

Свободная энергия, выделяемая климатической системой (сход ледников, водно-ледниковые потоки, рост уровня океанов, испарение, нагрев океана и атмосферы посредством парникового эффекта, испарение, разрушение метангидратов, эмиссия метана, углекислого газа и пр.) достигает максимума. В течение этой фазы переходит в кинетические (тепловые) формы ранее накопленная потенциальная энергия (гравитационная – ледников, химическая – *экзотермического* растворения твердых фаз углеродсодержащих соединений – карбонатов (ниже карбонат-

ной линии) и масштабного разложения метангидратов – с выделением в атмосферу парниковых газов).

Аналогом рассматриваемой фазы является современное (цикл «А_к») состояние климатической системы, характеризующееся ростом приземной температуры воздуха (рис. 1 Д, Ж), ростом температуры воды океанов, таянием ледников, и нарастанием количества климатических аномалий. Временные ряды планетарных метеорологических элементов выглядят и визуально, и при количественных подсчетах как реализация хаотических случайных процессов с элементами согласованности [3].

3) Климатическая система на пике температур переходит в фазу *редукции* в крайне неустойчивое (а потому *критическое*), сильно неравновесное состояние, обусловленное сочетанием высокоамплитудных положительных и отрицательных обратных связей – «режим бифуркации». В цикле «В_к» снижение свободной энергии, *редукция*, продолжалась от 127 до 112 т.л.н. Температурная кривая показывает, что в этой фазе за 15 тыс. лет произошло снижение температур приземного слоя воздуха на 3°C, со средней скоростью $\approx 2 \cdot 10^{-4} \text{°C}/1000 \text{ лет}$.

Рассматриваемое состояние можно отнести к процессу «самоорганизации через завершение борьбы флуктуаций» [19, 35]. Действительно экспоненциальный рост основных переменных системы в фазу *терминации* сопровождался накоплением флуктуаций и ростом их амплитуд, особенно к концу этой фазы. В остановку роста радиационного баланса, по-видимому, внесло свой вклад увеличение планетарного альбеда Земли за счет резкого увеличения площади и мощности облачного слоя в атмосфере. Так по данным [36], наибольшим альбедо (86 %) характеризуются кучево-дождевые облака, имеющие значительную толщину свыше 1 км. В настоящее время атмосферой и облаками отражается 31 % солнечной радиации [37]. С точки зрения теории нелинейной динамики одновременный рост таких параметров, как температура и облачность, действие которых направлено противоположно, повышает степень неустойчивости состояния всей климатической системы.

На протяжении рассматриваемой фазы четко выражена относительная стабильность температуры и малые амплитуды снижения содержания CO₂ в атмосфере. Основной объем водяных паров в этих условиях переходил в жидкую фазу. Это предположение подтверждается относительно небольшим объемом ледников [11], составляющих в самом конце фазы 30 % от объема в середине фазы «кульминация». Это была эпоха дождей, теплого и влажного климата.

Как только падение температур на поверхности гидросферы и в атмосфере достигло уровня, при котором началось формирование твердой фазы в значительных количествах (негэнтропийный процесс), создались условия для формирования более высокой степени упорядоченности климатической системы – квазистационарного состояния климатической системы, в котором сохранение системой способности к самоорганизации, обусловлено сочетанием малоамплитудных отрицательных и положительных обратных связей – фазы «модерация».

4) *Периодическое квазипорядоченное состояние «модерация»* продолжалось от 112 до 33 т.л.н. По продолжительности эта фаза (79 т.л.) является самой длительной не только из фаз рассматриваемого климатического цикла, но и из фаз других климатических циклов за последние 420 т.л. Как известно [35], состояние самоорганизующейся диссипативной системы является динамически устойчивым, если она после отклонения вновь возвращается к квазистационарному состоянию.

В фазу «модерация» происходит накопление основных объемов льда на земной поверхности, начавшееся в конце фазы редукции (≈ 112 т.л.н.), когда среднегодовые температуры на ней опустились в полярных и субполярных областях ниже 0°C. Накопление льда в этой фазе приходится на период 80-30 т.л.н. в первой половине валдайского оледенения (вюрмского или вейхзельского в Европе и висконсинского в Северной Америке) и проходило оно в условиях достаточной влагообеспеченности. Аналогом этих оледенений на востоке Азии является зырянское оледенение, также характеризующееся достаточной влагообеспеченностью [38, 39]. Пульсационный режим времени ранневалдайского оледенения имел многопорядковую структуру. Наиболее высокий порядок с длиной полуволны (теплый или холодный эпизод) составил около 10 т.л. и четко совпадал по знаку и времени с периодами увеличения или уменьшения инсоляции. Второй порядок волны имел длину полуволны 30 т.л. Третий, наиболее низкий по-

рядок с общим трендом снижения температур в среднем на 2°C происходил за все время рассматриваемой фазы. Пульсационный режим, по-видимому, объясняется изменением влажности атмосферы. Ледники в этот период являются главным депозитарием энергии скрытой теплоты испарения. Первоначальное снижение температур в конце фазы редукции вызвало первое отложение льда и снижение влажности атмосферы, увеличение ее прозрачности, уменьшение альбеда облачного слоя и, как следствие, увеличение температуры и интенсивности испарения с земной поверхности.

Эта смена знака радиационного баланса, когда отрицательные обратные связи системы менялись на положительные, происходила закономерно. После промежуточного максимума похолодания (первая половина полувоны) наступал период потепления и сопровождающее его повышение влажности и степени облачности. При достижении критической точки облачности начиналось похолодание, и положительные обратные связи менялись на отрицательные. Смена знака связей обеспечивала колебательный режим системы на достаточно высоком энергетическом уровне, не позволяя ей уйти в область «режима с обострением» или в квазиравновесный режим. Большую роль в эти периоды начинал играть уровень инсоляции, при повышении которого формировались дополнительные положительные обратные связи, приводящие к дальнейшему повышению уровня инсоляции, к повышению температуры и влажности атмосферы. Не исключено, что волны этого порядка являлись следствием астрономических причин. При достижении квазистационарного состояния и при максимальном значении уровня радиационного баланса, большое значение в увеличении массы влаги в воздухе играла растительная – и микробиота, а также процессы почвообразования. Их расцвет, обеспеченный положительным тепловым режимом на ветви с положительными обратными связями, замедлял потепления, увеличивал влажность воздуха. Кроме того, растительная- и микробиота уменьшали количество CO_2 в атмосфере, консервируя углерод в гидросфере и литосфере. Действие этого фактора, совместно со снижением инсоляции, обеспечивали начало поворота климатической системы в направлении снижения радиационного баланса. до достижения нового квазистационарного состояния.

В конце данной фазы происходило изменение природы депонированной энергии в виде ледников (потока негэнтропии), которая стала уменьшаться. Режим льдонакопления второй половины валдайского ледникового цикла характеризовался дефицитом влажности. Например, на европейском и Азиатском материках тот период (сартангская эпоха северной Азии) характеризуется отступанием ледников при условии очень низких температур. Вместе с тем, способность к самоорганизации климатической системы (увеличение потока негэнтропии) сохраняется за счет того, что в гидросфере происходит увеличение депонированной энергии за счет экзотермического образования метангидратов. Этот процесс, мало того, что обеспечивает поток негэнтропии во второй части фазы «мадерация», он, наряду с экзотермическим процессом растворения карбонатов (из-за увеличения растворимости CO_2 при понижении температуры верхних слоев гидросферы) в водах Мирового океана, также замедляет процесс похолодания. В итоге, обеспечивает переход фазы «мадерация» в фазу «кульминация».

5) *Стационарное состояние, «кульминация», цикла V_k* (переход в состояние «режим с обострением») продолжалось от 31 до 18 тыс. л.н. Несмотря на относительную непродолжительность фазы в ее прохождении можно видеть наиболее характерные черты, отмеченные для аналогичного состояния цикла C_k . К таким особенностям относятся: низкие температуры приземного слоя воздуха ($-10 \div -7^{\circ}\text{C}$), небольшие амплитуды всех переменных, низкие содержания парниковых газов. К времени около 18 т.л.н. относится максимум ледниковых покровов и начало их разрушения, знаменующее завершение цикла V_k . На востоке Азии к этому времени приурочено сартанское оледенение, которое характеризуется здесь чрезвычайно низкой влагообеспеченностью [38, 39]. Именно с этим временем (около 18 т.л.н) связано начало разрушения ледникового покрова Арктики, вызвавшего *гидросферную катастрофу* [40, 41]. Основное отличие состояния кульминации цикла V_k от аналогичного состояния цикла C_k состоит в том, что в нем отсутствует событие разрушения ледников в середине фазы, с последующей релаксацией последствий. В фазе кульминации V_k начало разрушения ледников совпало с началом фазы терминации, что и привело к катастрофическим последствиям

Обсуждение результатов и выводы

Обнаружение фазовой структуры эталонного климатического цикла B_k позволяет охарактеризовать фазовую структуру всех климатических циклов последних 420 тыс. лет (табл. 2).

Таблица 2

Фазовая структура климатических циклов

Фазы цикла	Климатические циклы (тыс. лет)				
	A_k	B_k	C_k	D_k	E_k
Терминация	18-11	137-127	242-238	334-323	-
Редукция	11-0	127-112	-	323-315	420-410
Модерация		112-31	238-185	315-269	410-363
Кульминация		31-18	185-137	269-242	363-334

Изменения режимов климатической системы, появление фаз с резкими отличиями переменных на фоне постоянной мало меняющейся инсоляции, связаны с изменением динамических связей между переменными в каждой из фаз и наличием в климатической системе энергетических резервуаров. В климатической системе целесообразно выделить следующие типы режимов: LS-режим, HS-режим (по [4]) и стационарный (квазистационарный). Они отличаются и динамикой связей основных элементов климатической системы. В условиях LS-режима между элементами системы устанавливаются положительные обратные связи, действие которых приводит к ускорению протекающих процессов, в итоге, к формированию, самоорганизованной системы. В HS-режиме, который можно охарактеризовать как диссипативный, преобладают отрицательные обратные связи, приводящие к охлаждению системы. Эти два состояния климатической системы разделены периодами квазистационарного (стационарного) состояния и слабых изменений энергии, в течение которых происходит перестройка климатической системы: в середине климатического цикла – редукция – переход к состоянию модерации (самоорганизации) системы, в конце цикла – кульминация, «режим с обострением» и переход в начало следующего цикла – «терминация», состояние «динамический хаос». Совокупность этих четырех состояний образует климатический цикл, состоящий из фаз – разных энергетических состояний климатической системы.

Другим результатом проведенного анализа состояний климатической системы представляется выявление большой роли депонированной энергии. Выделяется два главных типа энергетических резервуаров: тепловые и гравитационные. Приток энергии из гравитационных резервуаров приводит к возрастанию интенсивности процессов в климатической системе, ее разогреву (LS-режим) и наполнению тепловых резервуаров. Последующий расход энергии в климатических процессах сопровождается охлаждением системы, опустошением тепловых резервуаров (HS-режим) и заполнением гравитационных резервуаров.

Третьим результатом является уточнение условий, обеспечивающих способность системы к самоорганизации. Таким условием является интенсивность потока негэнтропии, которая должна быть $\geq$ интенсивности производства энтропии в системе. Благодаря этому, климатическая система, являясь открытой, термодинамически сильно неравновесной и нелинейной (в определенных фазах в ней протекают нелинейные процессы), во всех фазах своей эволюции сохраняет способность к самоорганизации. Депонирование энергии (увеличение негэнтропии) происходит при трансформации агрегатных состояний её ряда вещественных составляющих: из газообразного в жидкофазное, газообразного или жидкофазного – в твердофазное. В планетарной системе существует только два типа веществ, которые способны существовать во всех трех агрегатных состояниях. Это H_2O и совокупность углеродсодержащих соединений.

Температурные эффекты при переходе H_2O и углеродсодержащих соединений из одного агрегатного состояния в другое определяют тренды изменений температуры и мало амплитудных колебаний в протекание разных фаз климатического цикла. Причем, протекание нелинейных

процессов (с взаимным усилением температурного эффекта) определяется наличием положительных обратных связей, а формирование квазистационарных состояний («диссипативных структур») – отрицательными обратными связями между протекающими процессами.

В настоящее время климатическая система Земли находится в режиме «бифуркации», то даже низкоинтенсивная флуктуация может изменить траекторию её дальнейшей эволюции. К таким воздействиям можно отнести влияние техносферы на процесс взрывообразного разложения метангидратов, которые в настоящее время находятся в гидро- и криосфере в крайне неустойчивом метастабильном состоянии. Например, даже работы судового двигателя в Арктическом шельфе бывает достаточно для их разложения с выбросом метана в атмосферу со всеми вытекающими из этого последствиями [42].

Заключение

В заключение необходимо подчеркнуть, что фазы климатического цикла характеризуют процесс работы климатической системы. Её устойчивость обусловлена непрерывным потоком солнечной энергии. Работа климатической системы заключается в обмене энергией между тепловым резервуаром, заполняемым в фазу терминции, и гравитационным резервуаром, заполняемым в фазу модерации. Фазы кульминации и редукции играют роль «клапанов», попеременно открывающих и запирающих соответствующие резервуары. Основным механизмом, обеспечивающим работу «клапанов» климатической системы является смена знаков обратных связей между термодинамическими компонентами климатической системы положительных на отрицательные (в фазу редукции) и отрицательных на положительные (на рубеже кульминации и редукции).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 17-05-41079 и № 18-55-5354ГФЕН_а.

Литература

1. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. – М.: Мир, 1990. – 344 с.
2. Nicolis C., Nicolis G. There a Climatic Attractor? // Nature. -1984. – vol. 311. – P. 529-532.
3. Монин А.С. Климат как проблема физики / А.С. Монин, Ю.А. Шишков // УФН. – 2000. – Том 170, № 4. – С. 419-444.
4. Князева Е.Н. Антропный принцип в синергетике / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов // Вопросы философии. – 1997. – № 3. – С. 70-72.
5. Кравцов Ю.А. Физические аспекты моделирования изменений в климатической системе Земли // (режим доступа: <http://www.archipelag.ru/agenda/geoklimat/effort/aspect/>) дата обращения: 1.12.2018.
6. Кравцов Ю.А. Земля как самоорганизующаяся климато-экологическая система / Ю.А. Кравцов // Соросовский Образовательный Журнал. – 1995. – № 1. – С. 82-87.
7. Спектор В.Б. Климатические циклы и криогенные эпохи на Северо-Востоке России / В.Б. Спектор, Б.М. Кершенгольц, В.В. Спектор, С.Х. Лифшиц, Г.Т. Максимов // Наука и техника в Якутии. – 2015. – № 1(28). – С. 3-9.
8. Адушкин В.В., Соловьев С.П., Турунтаев С.Б. Соотношение антропогенной и природной составляющих в потоке газов в атмосферу // Глобальные изменения природной среды – 2001. Новосибирск: СО РАН «ГЕО», 2001. – С. 249-264.
9. Балобаев В.Т. Космо-планетарные климатические циклы и их роль в развитии биосферы Земли / В.Т. Балобаев, В.В. Шенелев // ДАН. – 2001. – Т. 379, № 2. – С. 247-251.
10. Mudelsee M. The phase relations among atmospheric CO₂ content, temperature and global ice volume over the past 420 ka // Quaternary Science Reviews. – 2001. – 20. – P. 583-589.
11. Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D. et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core Antarctica // Nature. – 1999. – Vol. 399. – P. 429-436.
12. Shackleton N.J. The 100.000-year Ace-Age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity // Science. – 2000. – Vol. 289. – P. 1897-1902.
13. Большаков В.А. Уроки развития орбитальной теории климата / В.А. Большаков, А.П. Капица // Вестник РАН. – 2011. – том 81, № 7. – С. 603-612.
13. Кеннет Дж. Морская геология: в 2х томах. – М.: Мир, 1987. – Т. 1. – 397 с., Т. 2. – 384 с.

14. Большаков В.А.. Орбитальные факторы воздействия на криосферу Земли (на примере анализа антарктических кернов) / В.А. Большаков, В.А. Федин // Криосфера Земли. – 2015. – Том XIX, № 2. – С. 87-97.
15. Bradley R.S. Paleoclimatology. Reconstructing Climate of the Quaternary. 2nd edition. International Geophysics Series. vol. 64. – Harcourt Academic Press, 1999. – 610 p.
16. Broecker W.S., van Donk J. Insolation changes, ice volumes, and the O¹⁸ record in deep-sea cores // Reviews of Geophysics and Space Physics. – 1970. – № 8. – P. 169-198.
17. Muller R., MacDonald G. Glacial cycles and astronomical forcing // Science. – 1997. – vol. 277. – P. 215-218.
18. Периодичность – фундаментальная характеристика мироздания. Цикличность Хаоса и порядка // (режим доступа: <http://www.wedjat.ru/index.php?id=newsid>) дата обращения: 1.12.2018.
19. Хакен Г. Синергетика и иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985. – 424 с.
20. Огурцов А.Н. Введение в синергетику. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – 208 с.
21. Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е. Общая и экологическая геофизика. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.
22. Давыдов Л.К., Дмитриева А.А., Конкина Н.Г. Общая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 463 с.
23. Климатическая система Земли // (режим доступа: diplomba.ru/work/127454) дата обращения: 8.12.2018.
24. Глобальное потепление // (режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Глобальное_потепление) дата обращения: 8.12.2018.
25. Спектор В.Б. Карбонатно-метановая система саморегуляции планетарного климата / В.Б. Спектор, Б.М. Кершенгольц, С.Х. Лифшиц, В.В. Спектор // Известия РАН. Серия географическая. – 2007. – № 6. – С. 1-12.
26. Спектор В.Б. Карбонатная геохимическая модель планетарного климата / В.Б. Спектор, Б.М. Кершенгольц // Доклады Академии Наук. – 2007. – Том 416, № 3. – С. 1-3.
27. Иващенко. Потепление // (режим доступа: <http://www.poteplenie.ru/news/news170905.htm>) дата обращения: 8.12.2018.
28. Потепление // (режим доступа: <http://www.poteplenie.ru/problem/oi-1-3.htm>) дата обращения: 8.12.2018.
29. Алексеев В.В. Рост концентрации CO₂ в атмосфере – всеобщее благо? / В.В. Алексеев, С.В. Киселева, Н.И. Чернова // Природа. – 1999. – № 9. – С. 3-13.
30. Валяев Б.М. Углеродная дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений / Б.М. Валяев // Газовая промышленность. – 1997. – № 7. – С. 6-10.
31. Заварзин Г.А. Становление биосферы / Г.А. Заварзин // Вестник Российской Академии наук. – 2001. – Том 71, № 11. – С. 988-1001.
32. Запасы снега и льда // (режим доступа: <https://geographyofrussia.com/zapasy-snega-i-lda/>) дата обращения: 8.12.2018.
33. Пригожин И., Стенгерс, И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. – М: Едиториал УРСС, 2003. – 240 с.
34. Матизен Э.В. Состояние самоорганизованной критичности в джезфсоновской решетке / Э.В. Матизен, В.Г. Мартынец, П.П. Безверхи // Вестник СибГУТИ. – 2009. – № 3. – С. 137-144.
35. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
36. Солнечная радиация // (режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5162964/>) дата обращения: 8.12.2018.
37. Ойкумена // (режим доступа: <http://geo-site.ru/index.php/>) дата обращения: 8.12.2018.
38. Спектор В.В. Происхождение криолитогенных комплексов высокой равнины Лено-Амгинского междуречья: автореф. дис. ... к. геогр.н.: 25.00.08 – Якутск: ИМЗ СО РАН, 2003. – 28 с.
39. Спектор В.В., Спектор В.Б. Криогенно-аккумулятивные процессы и явления в плейстоцене и голоцене на территории Центральной Якутии // Итоги геоэкологических исследований в Якутии в XX веке и перспективы их дальнейшего развития. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2003. – С. 133-148.
40. Гросвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенения Арктики. – М.: Научный мир, 1999. – 118 с.

41. Взаимодействие оледенения с атмосферой и океаном / отв. ред. В.М. Котляков, М.Г. Гросвальд. – М.: Наука, 1987. – 248 с.
42. Шахова Н.Е. Антропогенный фактор и эмиссия метана на Восточно-Сибирском шельфе / Н.Е. Шахова, В.А. Юсупов, А.Н. Салюк, Д.А. Космач, И.П. Семилетов // ДАН. – 2009. – Том 429, № 3. – С. 398-401.

References

1. Nikolis G., Prigozhin I. Poznanie slozhnogo. – M.: Mir, 1990. – 344 s.
2. Nicolis C., Nicolis G. There a Climatic Attractor? // Nature. – 1984. – Vol. 311. – P. 529-532.
3. Monin A.S. Klimat kak problema fiziki / A.S. Monin, Yu.A. Shishkov // UFN. – 2000. – Tom 170, № 4. – S. 419-444.
4. Knyazeva E.N. Antropnyj princip v sinergetike / E.N. Knyazeva, S.P. Kurdyumov // Voprosy filosofii. – 1997. – № 3. – S. 70-72.
5. Kravcov YU.A. Fizicheskie aspekty modelirovaniya izmenenij v klimaticheskoy sisteme Zemli // (rezhim dostupa: <http://www.archipelag.ru/agenda/geoklimat/effort/aspect/>) data obrashcheniya: 1.12.2018.
6. Kravcov YU.A. Zemlya kak samoorganizuyushchayasya klimato-ekologicheskaya sistema / YU.A. Kravcov // Sorosovskij Obrazovatel'nyj Zhurnal. – 1995. – № 1. – S. 82-87.
7. Spektor V.B. Klimaticheskie cikly i kriogennyye ehposhi na Severo-Vostoke Rossii / V.B. Spektor, B.M. Kershengol's, V.V. Spektor, S.H. Lifshic, G.T. Maksimov // Nauka i tekhnika v Yakutii. – 2015. – № 1(28). – S. 3-9.
8. Adushkin V.V., Solov'ev S.P., Turuntaev S.B. Sootnoshenie antropogennoj i prirodnoj sostavlyayushchih v potoke gazov v atmosferu // Global'nye izmeneniya prirodnoj sredy – 2001. Novosibirsk: SO RAN «GEO», 2001. – S. 249-264.
9. Balobaev V.T. Kosmo-planetarnyye klimaticheskie cikly i ih rol' v razvitii biosfery Zemli / V.T. Balobaev, V.V. Shepelev // DAN. – 2001. – T. 379, № 2. – S. 247-251.
10. Mudelsee M. The phase relations among atmospheric CO₂ content, temperature and global ice volume over the past 420 ka // Quaternary Science Reviews. – 2001. – 20. – P. 583-589.
11. Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D. et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core Antarctica // Nature. – 1999. – Vol. 399. – P. 429-436.
12. Shackleton N.J. The 100.000-year Age-Age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity // Science. – 2000. – vol. 289. – P. 1897-1902.
13. Bol'shakov V.A. Uroki razvitiya orbital'noj teorii klimata / V.A. Bol'shakov, A.P. Kapica // Vestnik RAN. – 2011. – Tom 81, № 7. – S. 603-612.
13. Kennet Dzh. Morskaya geologiya: v 2h tomah. – M.: Mir, 1987. – T. 1. – 397 s., T. 2. – 384 s.
14. Bol'shakov V.A.. Orbital'nye faktory vozdejstviya na kriosferu Zemli (na primere analiza antarkticheskikh kernov) / V.A. Bol'shakov, V.A. Fedin // Kriosfera Zemli. – 2015. – Tom XIX, № 2. – S. 87-97.
15. Bradley R.S. Paleoclimatology. Reconstructing Climate of the Quaternary. 2nd edition. International Geophysics Series. Vol. 64. – Harcourt Academic Press, 1999. – 610 p.
16. Broecker W.S., van Donk J. Insolation changes, ice volumes, and the O18 record in deep-sea cores // Reviews of Geophysics and Space Physics. – 1970. – № 8. – P. 169-198.
17. Muller R., MacDonald G. Glacial cycles and astronomical forcing // Science. – 1997. – Vol. 277. – P. 215-218.
18. Periodichnost' – fundamental'naya harakteristika mirozdaniya. Ciklichnost' Haosa i poryadka // (rezhim dostupa: <http://www.wedjat.ru/index.php?id=newsid>) data obrashcheniya: 1.12.2018.
19. Haken G. Sinergetika i ierarhii neustojchivostej v samoorganizuyushchihsiya sistemah i ustrojstvah. – M.: Mir, 1985. – 424 s.
20. Ogurcov A.N. Vvedenie v sinergetiku. – Har'kov: NTU «HPI», 2013. – 208 s.
21. Truhin, V.I., Pokazeev, K.V., Kunicyn, V.E. Obshchaya i ekhologicheskaya geofizika. – M: FIZMATLIT, 2005. – 576 s.
22. Davydov L.K., Dmitrieva A.A., Konkina N.G. Obshchaya gidrologiya. – L.: Gidrometeoizdat, 1973. – 463 s.
23. Klimaticheskaya sistema Zemli // (rezhim dostupa: diplomba.ru/work/127454) data obrashcheniya: 8.12.2018.

24. Global'noe poteplenie // (rezhim dostupa: [https:// ru.wikipedia.org/wiki/Global'noe_poteplenie](https://ru.wikipedia.org/wiki/Global'_noe_poteplenie)) data obrashcheniya: 8.12.2018.
25. Spektor V.B. Karbonatno-metanovaya sistema samoregulyacii planetarnogo klimata / V.B. Spektor, B.M. Kershengol's, S.H. Lifshic, V.V. Spektor // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. – 2007. – № 6. – S. 1-12.
26. Spektor V.B. Karbonatnaya geokhimicheskaya model' planetarnogo klimata / V.B. Spektor, B.M. Kershengol's // Doklady Akademii Nauk. – 2007. – Tom 416, № 3. – S. 1-3.
27. Ivashchenko. Poteplenie // (rezhim dostupa: <http://www.poteplenie.ru/news/news170905.htm>) data obrashcheniya: 8.12.2018.
28. Poteplenie // (rezhim dostupa: <http://www.poteplenie.ru/problem/oi-1-3.htm>) data obrashcheniya: 8.12.2018.
29. Alekseev V.V. Rost koncentracii SO₂ v atmosfere – vseobshchee blago? / V.V. Alekseev, S.V. Kiseleva, N.I. Chernova // Priroda. – 1999. – № 9. – S. 3-13.
30. Valyaev B.M. Uglevodorodnaya degazaciya Zemli i genezis neftegazovykh mestorozhdenij / B.M. Valyaev // Gazovaya promyshlennost'. – 1997. – № 7. – S. 6-10.
31. Zavarzin G.A. Stanovlenie biosfery / G.A. Zavarzin // Vestnik Rossijskoj Akademii nauk. – 2001. – Tom 71, № 11. – S. 988-1001.
32. Zapasy snega i l'da // (rezhim dostupa: <https://geographyofrussia.com/zapasy-snega-i-lda/>) data obrashcheniya: 8.12.2018.
33. Prigozhin I., Stengers, I. Vremya, kaos, kvant. K resheniyu paradoksa vremeni. – M.: Editorial URSS, 2003. – 240 s.
34. Matizen Eh. V. Sostoyanie samoorganizovannoj kritichnosti v dzhezhfonovskoj reshetke / Eh.V Matizen, V.G. Martynec, P.P. Bezverhi // Vestnik SibGUTI. – 2009. – № 3. – S.137-144.
35. Haken G. Sinergetika. – M.: Mir, 1980. – 404 s.
36. Solnechnaya radiaciya // (rezhim dostupa: <http://www.studfiles.ru/preview/5162964/>) data obrashcheniya: 8.12.2018.
37. Ojkumena // (rezhim dostupa: <http://geo-site.ru/index.php/>) data obrashcheniya: 8.12.2018.
38. Spektor V.V. Proiskhozhdenie kriolitogennykh kompleksov vysokoj ravniny Leno-Amginskogo mezhdurech'ya: avtoref. dis. ... k. geogr.n.: 25.00.08 – Yakutsk: IMZ SO RAN, 2003. – 28 s.
39. Spektor V.V., Spektor V.B. Kriogenno-akkumulyativnye processy i yavleniya v plejstocene i golocene na territorii Central'noj Yakutii // Itogi geokriologicheskikh issledovanij v Yakutii v XX veke i perspektivy ih dal'shejshego razvitiya. – Yakutsk: Izd-vo IMZ SO RAN, 2003. – S. 133-148.
40. Grosval'd, M.G. Evrazijskie gidrosfernye katastrofy i oledeneniya Arktiki. – M.: Nauchnyj mir, 1999. – 118 s.
41. Vzaimodejstvie oledeneniya s atmosferoj i okeanom / otv. red. V.M. Kotlyakov, M.G. Grosval'd. – M.: Nauka, 1987. – 248 s.
42. Shahova N.E. Antropogennyj faktor i ehmissiya metana na Vostochno-Sibirskom shel'fe / N.E. Shahova, V.A. Yusupov, A.N. Salyuk, D.A. Kosmach, I.P. Semiletov // DAN. – 2009. – Tom 429, № 3. – S. 398-401.

— ГЕОКРИОЛОГИЯ —

DOI 10.25587/SVFU.2019.13.27554

УДК 551.345

П. Н. Скрябин

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

**ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ГРУНТОВ
ПИРОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ**

Аннотация. Рассматривается проблема термической реакции верхних горизонтов криолитозоны на антропогенные воздействия. Представлены результаты экспериментальных исследований, выполненных при научно-геокриологическом сопровождении изыскательских и строительных работ на трассах линейных сооружений. Освещены геокриологические условия района работ, методика геокриологического мониторинга верхних горизонтов криолитозоны. Объектами исследований являются грунты слоя годовых теплооборотов. Полевые работы включают повторные ландшафтные обследования гаревых территорий, проведения наблюдений в холодный и теплый сезоны года за высотой и плотностью снежного покрова, свойствами, протаиванием и температурой грунтов. Исследована динамика индикаторов изменений термического режима грунтов: мощность активного слоя и температуры в слое годовых теплооборотов в полосе проложения трубопроводов, железных и автомобильных дорог, линий электропередач. Выявлено значительное повышение среднегодовой температуры верхних горизонтов криолитозоны и увеличение глубины сезонного протаивания на гарях и вырубке леса на гарях. Глубина сезонного протаивания грунтов на гарях увеличивается ежегодно, местами достигая верхнюю кровлю подземных льдов, где начинается деградация многолетнемерзлых пород. Приведены данные о развитии опасных криогенных процессов, вызывающих деформацию поверхности. Количественно оценена изменчивость термического режима грунтов на гарях и гарях с вырубкой в зависимости от стадий самовосстановления растительности. Результаты исследований использованы при изысканиях и строительстве линейных сооружений. Экспериментальные данные являются основой геокриологического прогноза и разработки рекомендаций по рациональному природопользованию.

Ключевые слова: гари, мерзлые грунты, температура, глубина протаивания, мониторинг, динамика.

P. N. Skryabin

Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia

**EVOLUTION OF THE THERMAL REGIME OF THE PYROGENIC SOILS
IN CENTRAL YAKUTIA**

Abstract. This article discusses the thermal response of upper permafrost to anthropogenic disturbances. It presents the results of experimental geocryological investigations conducted in support of geotechnical exploration and construction of linear engineering projects. The geocryological conditions in the study area, as well as the methods of permafrost geocryological monitoring are described. The research focuses on the upper permafrost within the depth of annual temperature fluctuations. The field observations involved repeated surveys of burned areas, including measurements of snow depth, snow density, soil properties, thaw depth, and ground temperature in the cold and warm seasons. The study aimed to explore the active layer thickness and near-surface permafrost

¹ СКРЯБИН Павел Николаевич – к.г.н., в.н.с., Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

E-mail: vsp@mpi.ysn.ru

SKRYABIN Pavel Nikolaevich – Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Melnikov Permafrost Institute, SB RAS.

E-mail: vsp@mpi.ysn.ru

temperatures, the variables that indicate changes to the ground thermal regime in the pipeline, railway, road and powerline corridors. The observation results demonstrated significant increases in mean annual temperature of the upper permafrost layers, as well as in seasonal thaw depth in the burning and deforestation on the burning. The depth of soil thawing in the burned areas increased every year, in places reaching the top of ice wedges and causing permafrost degradation. There are data on development of hazardous cryogenic processes causing surface deformation. The variability of the thermal regime of soils on burned and burned with felling areas depending on the stages of self-restoration of vegetation was quantitatively estimated. The research results were used in the research and construction of linear structures. The experimental data served the basis for geocryological forecast and development of recommendations for environmental management.

Keywords: burned areas, permafrost, temperature, thaw depth, monitoring, dynamics.

Введение

Освоение северных территорий России и Якутии осложняются широким распространением многолетнемерзлых пород. Антропогенные воздействия, такие как нарушение почвенного слоя, вырубка леса, лесные пожары вызывают изменение термического состояния грунтов. Устойчивость мерзлотных ландшафтов при сельскохозяйственном и промышленном освоении определяют ведущие природные факторы: температура грунтов, льдистость, растительность и криогенные процессы. Лесные пожары неизбежно сопровождаются нарушением условий теплообмена грунтов с атмосферой: уничтожаются растительный и напочвенный покровы, изменяется мощность и плотность снега, свойства грунтов сезонного протаивания-промерзания. Влияние лесных пожаров на гидротермический режим мерзлотных почв и грунтов наиболее детально исследованы сотрудниками Института прикладной экологии Севера СВФУ и Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН [1-3 др.]. В результате интенсивного изменения температурного и влажностного режима грунтов начинают развиваться негативные процессы. Эти процессы приводят к изменению мерзлотно-ландшафтных условий территории и ухудшают экологическую обстановку окружающей среды [4].

Термическое состояние грунтов является одним из основных характеристик геокриологических условий определяющих устойчивость осваиваемых территорий. Успешное решение геоэкологических аспектов пирогенного воздействия на окружающую среду предусматривает количественную оценку пространственно-временной изменчивости термического режима грунтов с помощью многолетних экспериментальных наблюдений.

Материал и методы исследования

Многолетние исследования проводятся с 1987 г. в полосе проложения железнодорожной линии Томмот – Якутск, водовода Нижний Бестях – Майя, федеральной автодороги Лена, газопровода Таас Тумус – Якутск, линии электропередачи Нерюнгри – Нижний Бестях.

Прилегающая к линейным сооружениям территория характеризуется сложными геокриологическими условиями: распространением многолетнемерзлых пород, наличием водоносных таликов, развитием подземных льдов [5].

Геокриологические исследования в естественных и нарушенных ландшафтах выполняются в шести типах местности: низкотеррасовом, песчано-грядовом, межгрядово-низинном, аласном, межаласном и плакорном. Объектами исследований являются грунты слоя годовых теплооборотов до глубины 10-15 м. Основными критериями тепловой реакции криолитозоны на антропогенные воздействия являются мощность сезоннопротаивающего слоя (ζ) и среднегодовая температура на подошве слоя годовых теплооборотов (t_0). Работы проводятся в соответствии с требованиями метода природных аналогий или физико-географического сравнения на основе организации длительных натурных исследований [6].

Наблюдательная сеть геотемпературного мониторинга охватывает более 50 естественные и нарушенные ландшафты, в том числе на горях – 12, на горях с вырубкой – 14 [7]. Натурные наблюдения проводятся 4 раза в холодный и тёплый периоды года. Полевые работы предусматривают повторное обследование нарушенных ландшафтов, проведение наблюдений за факторами, определяющими термический режим грунтов (высота и плотность снега, строение, свойства, протаивание и температура грунтов, теплопроводность напочвенных покровов, криогенные процессы).

В качестве датчиков температуры грунтов использованы полупроводниковые терморезисторы ММТ-4 с точностью измерений $\pm 0,1$ °C. Измерения температуры грунтов в скважинах проведены терморезисторными гирляндами на глубинах 1, 2, 3, 4, 6, 8 и 10 м. В режимных скважинах термогирлянды устанавливали стационарно, т.е. стволы их заполняли ранее извлеченным грунтом.

Среднегодовые значения t_0 отражают осредненные данные 4 измерений в теплый и холодный периоды года. Результаты этих измерений различаются в пределах 0-0,1°C, поэтому такой метод определения температуры грунтов на глубине 10 м является вполне кондиционным. Глубина сезонного протаивания грунтов определяется в конце теплого периода (середина сентября) с помощью металлического щупа и ручного бура.

Результаты и обсуждение

В Центральной Якутии со второй половины 60-х годов прошлого века наблюдается один из наиболее высоких в России тенденций повышения температуры воздуха [8]. Период с 1987 по 2016 гг. является одним из теплых за всю историю метеорологических наблюдений в г. Якутске: среднегодовая температура воздуха составила -8,5°C при норме -10,0°C. Оценка изменения среднегодовой температуры приземного воздуха в г. Якутске, составленная в Институте мерзлотоведения СО РАН, показывает превышение к 2050 г. среднегодовой температуры воздуха достигнутого климатического уровня не более чем на 0,7-1,0°C. Закономерности формирования термического режима грунтов при антропогенных воздействиях являются наиболее достоверными при учете динамики температуры воздуха за холодный и теплый сезоны года, высоты снежного покрова и летних осадков.

Типы лесов и напочвенных покровов по классам пожарной опасности в низкотеррасовом, межаласном и плакорном типах местности относятся к высокопожароопасным, в песчано-грядовом – к очень высокопожароопасным, в межгрядово-низинном – к среднепожароопасным. Влияние пирогенеза на температурный режим грунтов изучено наиболее детально в песчано-грядовом типе местности на 10 участках. На трассе ЛЭП Нерюнгри – Нижний Бестях пожар в сосновом лесу в июне 1987 г. уничтожил маломощный травяно-толокнянковый напочвенный покров и в последующем стал причиной вывала молодого древостоя. В течение первых 2 лет после пожара отмечается резкое повышение температуры грунтов на глубине 10 м (примерно на 1,5°C). Начиная с 4-го года, на гаревом участке при постепенном самовосстановлении березово-кустарниковой растительности наблюдается стабилизация температуры грунтов, и ее значения не выходили за пределы -0,3...-0,4°C (рис. 1).

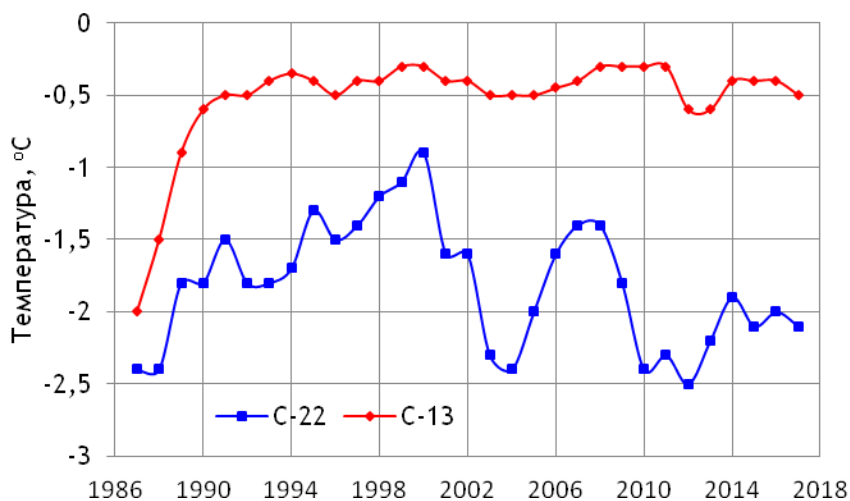


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры грунтов на глубине 10 м в сосняке (С-22) и на гаре с вырубкой (С-13) в песчано-грядовом типе местности на трассе ЛЭП Нерюнгри – Нижний Бестях

Сплошная и выборочная рубки сосновых лесов на северном участке трассы железной дороги Томмот – Якутск на старых гарях на песчаной гряде и вершине водораздела привели к повышению t_0 на 0,3-0,5°C и формированию надмерзлотных таликов (С-8, С-59). Выборочная рубка 1992 г. и пожар 2002 г. на пологом склоне с сосново-лиственничником через 6 лет привели к повышению t_0 на 0,2°C и увеличению ζ на 1,2 м (С-130). Выборочная рубка и низовой пожар 1997 г. на пологом водоразделе с сосново-лиственничником через 11 лет повысили t_0 на 0,8°C и увеличили ζ на 0,9 м (С-167). Резкое увеличение мощности СТС обусловлено влиянием многоводных весенних талых вод в последние 2 года.

Временная изменчивость термического состояния грунтов под воздействием пожара в 1986 г. и вырубки леса изучается в межлассном типе местности на верхней части склона южной экспозиции (С-209). На травяной стадии развития растительности поверхность участка покрылась разнотравьем и густыми зарослями иван-чая, напочвенный покров состоял из толокнянки и зеленых мхов. Выборочная рубка леса с нарушением напочвенного покрова после пожара в первые 5 лет способствовали повышению t_0 на 0,3-0,5°C. В дальнейшем естественное возобновление травяно-мохового покрова и березово-лиственничной чащи на 2-3 стадиях сукцессионного развития сократило поступление солнечной радиации на поверхность грунта, привело к постепенному понижению температуры грунтов на 0,5-0,8°C и к восстановлению их термического режима близкого к первоначальному. За 4 летний цикл наблюдений (2005-2008 гг.) при теплых и многоснежных зимах повышение t_0 составило 1,3°C.

Влияние лесных пожаров на тепловое состояние грунтов в плакорном типе местности изучены на двух старых гарях (С-8/95, С-11/95). На этих участках с самовосстановлением лиственничного и березового лесов отмечается увеличение ζ на 0,3-0,4 м, повышение t_0 в пределах 0,4-0,7°C.

Для количественной оценки влияния гари и вырубки леса на термический режим грунтов в низкотеррасовом типе местности в районе 1075 км автодороги Лена были организованы наблюдения в лиственничнике и на участках, где после пожара 1986 г. проведена сплошная вырубка горелого лиственничного леса. Пирогенное воздействие и вырубка леса привели через год к повышению t_0 на 0,5°C и увеличению ζ на 0,15 м, а через 3 года – соответственно на 0,8°C и 0,43 м. Через 30 лет после пожара в связи с самовосстановлением березово-лиственничной чащи понижение t_0 составило 0,5°C, но сохранилось увеличение ζ на 0,5 м.

Влияние пожара и вырубки леса на тепловое состояние грунтов изучается по трассе газопровода Таас Тумус – Якутск в межлассном типе местности. В 2002 г. пожар в березово-лиственничном лесу привел к вывалу большей части древостоя. Уменьшение теплоизолирующего влияния уплотненного снежного покрова при зимней сплошной вырубке и вывозке лесоматериала привело к понижению через год среднегодовой температуры на глубине 15 м на 0,3°C. При залегании верхней кровли повторно-жильных льдов на глубине 2,5 м мощность сезоннопротаивающего слоя суглинистых грунтов с повышенной влажностью на гари увеличилась на 0,5 м по сравнению с контрольным участком. В конце многоснежной зимы 2005 г. на гари установлено формирование сезонномерзлого слоя мощностью 2,3 м. Под этим слоем до верхней границы мерзлой толщи, залегающей на глубине 3,2 м, образовался талик. В малоснежный 2010 г. отмечено полное промерзание талика, но в 2013 – 2016 гг. многоснежные и аномально теплые зимы вновь привели к формированию талого слоя (рис. 2). За 15 лет после техногенного воздействия глубина протаивания грунтов на гари по сравнению с естественными условиями увеличилась на 1,5 м, температура грунтов на глубине 10 м повысилась на 2,7°C, тепловая просадка грунтов составила 0,07 м. Наблюдается начальная стадия формирования полигональной формы рельефа.

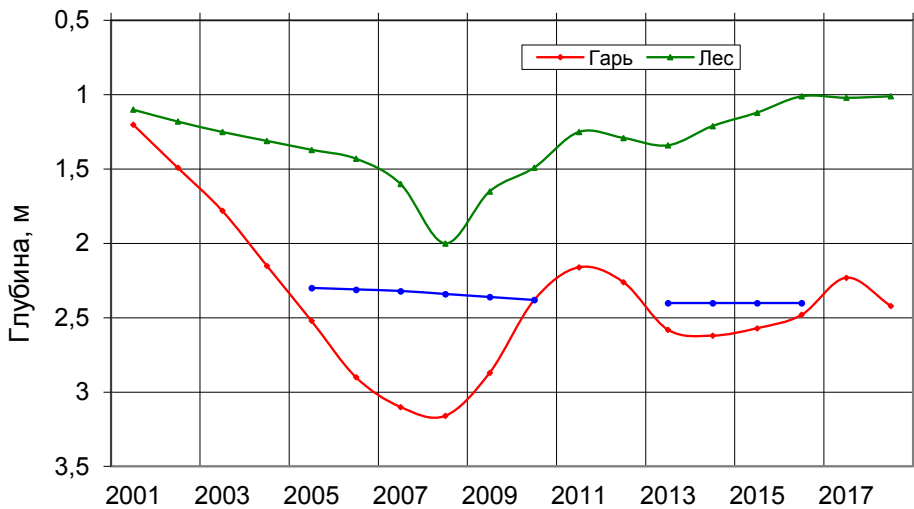


Рис. 2. Динамика глубины протаивания грунтов в лиственничнике и на гари с вырубкой на трассе газопровода Таас Тумус – Якутск

Под влиянием пожаров в зависимости от совокупности ландшафтных условий ζ и t_0 изменяются в широких пределах (табл.).

Таблица

Изменения среднегодовой температуры на глубине 10 м (t_0 , °C) и глубины сезонного протаивания (ζ , м) пирогенных территорий

Тип местности	Состав грунта	Естественные условия		Гарь		Гарь + вырубка	
		ζ , м	t_0 , °C	ζ , м	t_0 , °C	ζ , м	t_0 , °C
Низкотеррасовый	Песок, супесь	1,1-1,4	-1,3...-2,2	1,1-1,2	-1,7...-1,9	1,2-2,1	-1,1...-1,7
Песчано-грядовый	Песок	1,6-3,1	-0,2...-2,5	1,9-3,5	-0,1...-2,2	2,1-4,2	0,2...-1,6
Межгрядово-низинный	Торф, песок, супесь	0,5-2,1	-0,9...-3,4	1,0-2,2	-0,8...-2,5	1,2-2,4	-0,6...-2,3
Межаласный	Супесь, суглинок	1,2-2,0	-1,8...-3,2	1,3-2,5	-1,7...-3,0	1,8-3,1	-1,3...-2,8

Представленные ландшафты заметно различаются между собой постпирогенным термическим состоянием грунтов. Литогенная основа в низкотеррасовом и песчано-грядовом типах местности представлена высокотемпературными, а в межгрядово-низинном и межаласном – низкотемпературными грунтами. Динамика основных термических параметров показывают, что наибольшая временная изменчивость t_0 и ζ отмечается на гари с вырубкой в межаласном типе местности.

Заключение

Выполненные исследования позволяют сформулировать следующие выводы.

1. Количественно оценена пространственно-временная изменчивость термического режима грунтов на гари разного возраста в зависимости от стадий сукцессионного развития растительности.
2. Выявлена относительная устойчивость термического режима грунтов в низкотеррасовом, песчано-грядовом и слабая устойчивость их в межгрядово-низинном и межаласном типах местности.

3. Результаты исследований можно экстраполировать на аналогичные пирогенные ландшафты при промышленном и сельскохозяйственном освоении.

4. Многолетние экспериментальные материалы являются надежной основой геокриологического прогноза и разработке природоохранных мероприятий.

Литература

1. Тарабукина В.Г., Саввинов Д.Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. – Новосибирск: Наука, 1990. – 120 с.
2. Федоров А.Н., Босиков Н.П., Васильев И.С. Динамика мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии после техногенного воздействия // Рациональное природопользование в криолитозоне. – М.: Наука, 1992. – С. 146-152.
3. Скрыбин П.Н. Термический режим грунтов пирогенных территорий Центральной Якутии // Материалы третьей конференции геокриологов России. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. – М.: Изд-во МГУ, 2005, т. 2. – С. 153-157.
4. Варламов С.П., Скрыбин П.Н. Антропогенные воздействия на тепловой режим грунтов Центральной Якутии. – Изд-во: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. – 88 с.
5. Варламов С.П., Скачков Ю.Б., Скрыбин П.Н. Температурный режим грунтов мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2002. – 218 с.
6. Павлов А.В. Теплофизика ландшафтов. – Новосибирск: Наука, 1979. – 284 с.
7. Скрыбин П.Н. Развитие наблюдательной сети термического мониторинга в Центральной Якутии / П.Н. Скрыбин // Криосфера Земли. – 2001. – том V, № 3. – С. 56-62.
8. Скачков Ю.Б., Скрыбин П.Н., Варламов С.П. Изменчивость температуры грунтов слоя годовых теплооборотов в окрестностях г. Якутска за последние 40 лет // Современные проблемы теплофизики и теплоэнергетики в условиях Крайнего Севера: Материалы X научно-технической конференции памяти профессора Н.С. Иванова (Якутск, 2011 г.). – Якутск, 2013. – С. 113-122.

References

1. Tarabukina V.G., Savvinov D.D. Vliyanie pozharov na merzlotnye pochvy. – Novosibirsk: Nauka, 1990. – 120 s.
2. Fedorov A.N., Bosikov N.P., Vasil'ev I.S. Dinamika merzlotnyh landshaftov Central'noj Yakutii posle tekhnogennoego vozdejstviya // Racional'noe prirodoopol'zovanie v kriolitozone. – M.: Nauka, 1992. – S. 146-152.
3. Skryabin P.N. Termicheskij rezhim gruntov pirogennyh territorij Central'noj Yakutii // Materialy tret'ej konferencii geokriologov Rossii. MGU im. M.V.Lomonosova, 2005. – M.: Izd-vo MGU, 2005, t. 2. – S. 153-157.
4. Varlamov S.P., Skryabin P.N. Antropogennye vozdejstviya na teplovoj rezhim gruntov Central'noj Yakutii. – Izd-vo: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. – 88 s.
5. Varlamov S.P., Skachkov Yu.B., Skryabin P.N. Temperaturnyj rezhim gruntov merzlotnyh landshaftov Central'noj Yakutii. – Yakutsk: Izd-vo Instituta merzlotovedeniya SO RAN, 2002. – 218 s.
6. Pavlov A.V. Teplofizika landshaftov. – Novosibirsk: Nauka, 1979. – 284 s.
7. Skryabin P.N. Razvitie nablyudatel'noj seti termicheskogo monitoringa v Central'noj YAkutii / P.N. Skryabin // Kriosfera Zemli. – 2001. – tom V, № 3. – S. 56-62.
8. Skachkov Yu.B., Skryabin P.N., Varlamov S.P. Izmenchivost' temperatury gruntov sloya godovyh teplooborotov v okrestnostyah g. Yakutsk za poslednie 40 let // Sovremennye problemy teplofiziki i teploehnergetiki v usloviyah Krajnego Severa: Materialy H nauchno-tehnicheskoy konferencii pamyati professora N.S. Ivanova (YAkutsk, 2011 g.). – Yakutsk, 2013. – S. 113-122.

С. П. Варламов

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Аннотация. Рассматривается проблема тепловой реакции верхних льдистых горизонтов криолитозоны на техногенные воздействия линейных сооружений на примере железной дороги в экстремальных инженерно-геокриологических условиях на фоне современного потепления климата. Обоснованы актуальность, научная и практическая значимость исследуемой проблемы, кратко охарактеризованы особенности геокриологических условий участка работ. Рассмотрены методика и организация наблюдательной сети опытного полигона железнодорожного строительства. Представлены результаты инженерно-геокриологического мониторинга железнодорожной линии Томмот – Нижний Бестях на участке распространения пород ледового комплекса, где использовали инновационные проектирования. Количественно оценена динамика теплового состояния грунтов основания и тела земляного полотна железной дороги при широком применении вертикальных сезонно-охлаждающих устройств (СОУ) и теплоизоляционных материалов. Установлено поднятие верхней кровли многолетнемерзлых пород и охлаждения грунтов основания под высокими и низкими насыпями, увеличение мощности сезоннопротаивающего слоя и повышение среднегодовой температуры грунтов на просеках вдоль земляного полотна. Выявлено формирование многолетней чаши протаивания, угрожающее устойчивости земляного полотна при отсыпке нулевой насыпи с удалением сезонно-талого слоя в её основании. Отмечена деградация мерзлых пород ледового комплекса на откосах и днищах выемок. Оценена охлаждающая эффективность применения СОУ на бермах в сочетании теплоизоляционным материалом из пеноплекса на земляное полотно и верхнюю кровлю многолетнемерзлых пород. Конструкции консольных солнцезащитных навесов на откосах насыпи оказали должного охлаждающего эффекта на грунты основания земляного полотна. Экспериментальные данные являются информационной основой для прогноза термического режима грунтов основания земляного полотна и прилегающей территории в условиях изменяющегося климата.

Ключевые слова: ледовый комплекс, многолетнемерзлые грунты, земляное полотно, температура грунта, мощность деятельного слоя, мониторинг, динамика.

S. P. Varlamov

Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia

THE SOIL THERMAL PROPERTIES IN THE IMPACT ZONE OF RAILWAY IN CENTRAL YAKUTIA

Abstract. The problem of the thermal reaction of the upper ice horizons of the cryolithozone on the technogenic impact of linear structures was considered on the example of the railway in extreme geotechnical conditions and modern climate warming. The relevance, scientific and practical significance of the problem under study are substantiated, the features of the geocryological conditions of the work site are briefly characterized. The technique and organization of the observation network of the experimental railway construction site are considered. The results of engineering-geocryological monitoring of the railway line Tommot – Nizhny Bestyakh on the area of distribution of rocks of the ice complex, where innovative design was used, are

¹ ВАРЛАМОВ Степан Прокопьевич – к.г.н., с.н.с., Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

E-mail: svarlamov@mpi.ysn.ru

VARLAMOV Stepan Prokopievich – Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Melnikov Permafrost Institute, SB RAS.

E-mail: svarlamov@mpi.ysn.ru

presented. The thermal dynamics of the subgrade and embankment soils were quantified associated with the wide use of thermosyphons and insulation materials. The observations indicated a rise in the permafrost table and cooling of the subgrade under high and low embankments, and increased seasonal thaw depths and ground temperature warming on the right-of-way along the railroad. Where a zero embankment was placed with removal of the active layer, perennial thaw bulbs developed in the subsoil. Degradation of ice-rich permafrost was observed on the cut slopes and ditches in the cut sections. Thermosyphons on the berms in combination with Penoplex insulation showed a cooling effect on the subgrade and permafrost table. Overhanging snow sheds on the embankment slopes proved to be beneficial for reducing subgrade temperatures. The experimental data serve an information basis for the forecast of the thermal regime of the soil of the base of the roadbed and the surrounding area in a changing climate.

Keywords: ice complex, permafrost, roadbed, soil temperature, active-layer thickness, monitoring, dynamics.

Введение

Оценка теплового состояния грунтов основания геотехнических систем при потеплении климата является приоритетной проблемой геоэкологии. Железнодорожная линия Томмот – Нижний Бестях на 692-734 км пересекает участок распространения пород ледового комплекса, где суммарная объемная льдистость грунтов в слое годовых теплооборотов достигает 0,7-0,8 долей единицы [1, 2]. По льдистости и просадочности они относятся к сильнольдистому, сильнопросадочному (IV категория), а с крупными включениями подземного льда, чрезмерно просадочному (V категория) типам грунтов. Тип грунта по льдистости и просадочности в сезоннопротаивающем слое и подстилающей многолетнемерзлой толще дан по ВСН 84-89 [3]. Повторно-жильные льды залегают в интервале глубин 1,5-12,0 м.

Проблемы ледового комплекса рассматривались на научно-техническом совете и семинаре-совещании, проведенные в городе Якутск [4, 5]. По итогам обсуждений было принято решение об организации системы мониторинга на стадии строительства и эксплуатации железной дороги на этом участке, как опытного полигона железнодорожного строительства в экстремальных инженерно-геоэкологических условиях. Строительство земляного полотна железной дороги было выполнено по специально разработанному проекту, где предусматривалось использование инновационных технологий для сохранения грунтов оснований в мерзлом состоянии при ее эксплуатации. Строители широко применяли теплоизоляционные материалы из пеноплекса в теле и основании насыпей, солнцезащитные консольные деревянные досчатые навесы на откосах насыпей и выемок, вертикальные парожидкостных сезонно-охлаждающих устройств (СОУ) на бермах низких насыпей, гофрированные трубы диаметром 20 см в теле насыпи на различных глубинах и на основании высоких бERM и др.

Институт мерзлотоведения им. П.И.Мельникова СО РАН с 2007 г. проводит здесь экспериментальные исследования за тепловым состоянием грунтов основания земляного полотна и прилегающей территории.

Организация наблюдательной сети, объекты и методика исследований

В 2007-2010 гг. на участке распространения пород ледового комплекса была организована наблюдательная сеть за термическим режимом грунтов основания и тела земляного полотна, и грунтов прилегающей к дороге территории. Сеть охватила различные мерзлотные ландшафты, включающие поперечные профили, привязанных к пикетам (ПК) железной дороги: межаласья (ПК 7088, 7089, 7175 и 7179), ложбины стока (ПК 6926 и 7087), склоны (ПК 6924, 6932 и 6934). Бурение скважин и их оборудование для режимных температурных наблюдений под основания земляного полотна были проведены после вырубki просек трассы и до начала их отсыпки, в районе ПК: 6924, 7005 – после сооружения выемок, 7179 – после возведения нулевой насыпи, а на окружающей территории (просека, лес, марь) во время возведения насыпей.

Вырубка просек трассы проведена в зимние месяцы 2006-2008 гг., возведение насыпей – с апреля 2009 г. по сентябрь 2010 г., укладка шпалорельсов в конце теплого периода 2010 г. Процессы отсыпки насыпей были произведены круглогодично.

В теплый сезон 2010 г. строителями сооружены из скального грунта насыпи разных конструкций (табл.).

Таблица

Экспериментальные наблюдательные площадки

Местоположение площадок	Конструкция насыпи
ПК 6924, 7005	Насыпи на выемках
ПК 6926	Насыпь высотой 7 м с установкой на бермах вертикальных парожидкостных сезонно охлаждающих установок (СОУ) до глубины 4 м
ПК 6932	Насыпь высотой до 2,5-3,0 м с установкой на бермах СОУ и укладкой на основании бермы и насыпи теплоизоляционного материала из пеноплекса толщиной 5 см и шириной 8 м
ПК 6934	Насыпь высотой 7 м
ПК 7087	Насыпь высотой 2,5 м с субвертикальными охлаждающими откосами
ПК 7088	Насыпь высотой 2,5-3,0 м с консольным солнцезащитным навесом на откосах
ПК 7089	Насыпь высотой до 2,5 м с установкой на бермах СОУ и укладкой на основании бермы и насыпи теплоизоляционного слоя пеноплекса
ПК 7175	Сооружено земляное полотно сложной конструкции. Насыпь высотой 2-2,5 м отсыпана с частичным удалением грунта деятельного слоя. Слева насыпи отсыпана высокая берма высотой до 5 м, справа – берма высотой до 3 м. Под бермами и в теле насыпью уложены гофрированные трубы для дренажа и охлаждения грунтов основания насыпи
ПК 7179	Сооружена нулевая насыпь из скального грунта мощностью 2,2 м с заменой грунта сезоннопротаивающего слоя.

Объектами исследований являются грунты слоя годовых теплооборотов до глубины 10 м в естественных природных комплексах и на просеках, грунты основания и тела земляного полотна до глубины 5-10 м. Регистраторами температуры грунтов используются полупроводниковые терморезисторы ММТ-4 с точностью измерений 0,1°C. Замеры температуры грунтов в скважинах проводятся стационарно установленными терморезисторными гирляндами. В устройстве термической обсадки скважин и отводов термогирлянд из-под будущих насыпей железнодорожного полотна были использованы полипропиленовые трубы, уложенные на глубине 0,2-0,3 м.

Результаты исследований за температурным полем грунтов основания насыпей в первые годы наблюдений были опубликованы в ранних работах [6-9, 10]. В данной работе дается анализ теплового состояния грунтов основания земляного полотна и прилегающей территории по итогам 10-11-летних наблюдений.

Результаты исследований и их анализ

Анализ изменения теплового поля грунтов прилегающей к земляному полотну территории проводился на основе результатов исследований на 6 экспериментальных поперечных профилях. Межгодовые вариации параметров теплового режима грунтов существенно зависят от климатических характеристик. В связи с незначительной удаленностью района исследований средние годовые температуры воздуха можно охарактеризовать данными метеостанции Якутск. Наибольшая высота снежного покрова и температуры грунтов даны по осредненным показателям в лесу и на просеке по 6 участкам.

Средняя годовая температура воздуха по данным метеостанции Якутск за период 2008/09-2017/18 гг. изменяется в пределах -8,3...-6,2°C, в среднем составляя -7,45°C, при норме -10,0°C. За этот период тренд повышения составила 0,05°C/год (рис. 1а).

В районе исследований межгодовая изменчивость высоты снега в период максимального снегонакопления (конец марта – начало апреля) довольно значительная и изменяется в пределах: на мари 0,4-0,76 м, в лесу – 0,41-0,63 м, на просеке – 0,42-0,70 м. Наименьшие высоты снега отмечены в 2009 и 2010 годы, наибольшие – 2008, 2015 и 2016 годы (рис. 1б). В 2008-2018 гг. тренд повышения снежного покрова на мари, в лесу и на просеке соответственно составили 1,5, 1,64 и 0,59 см/год.

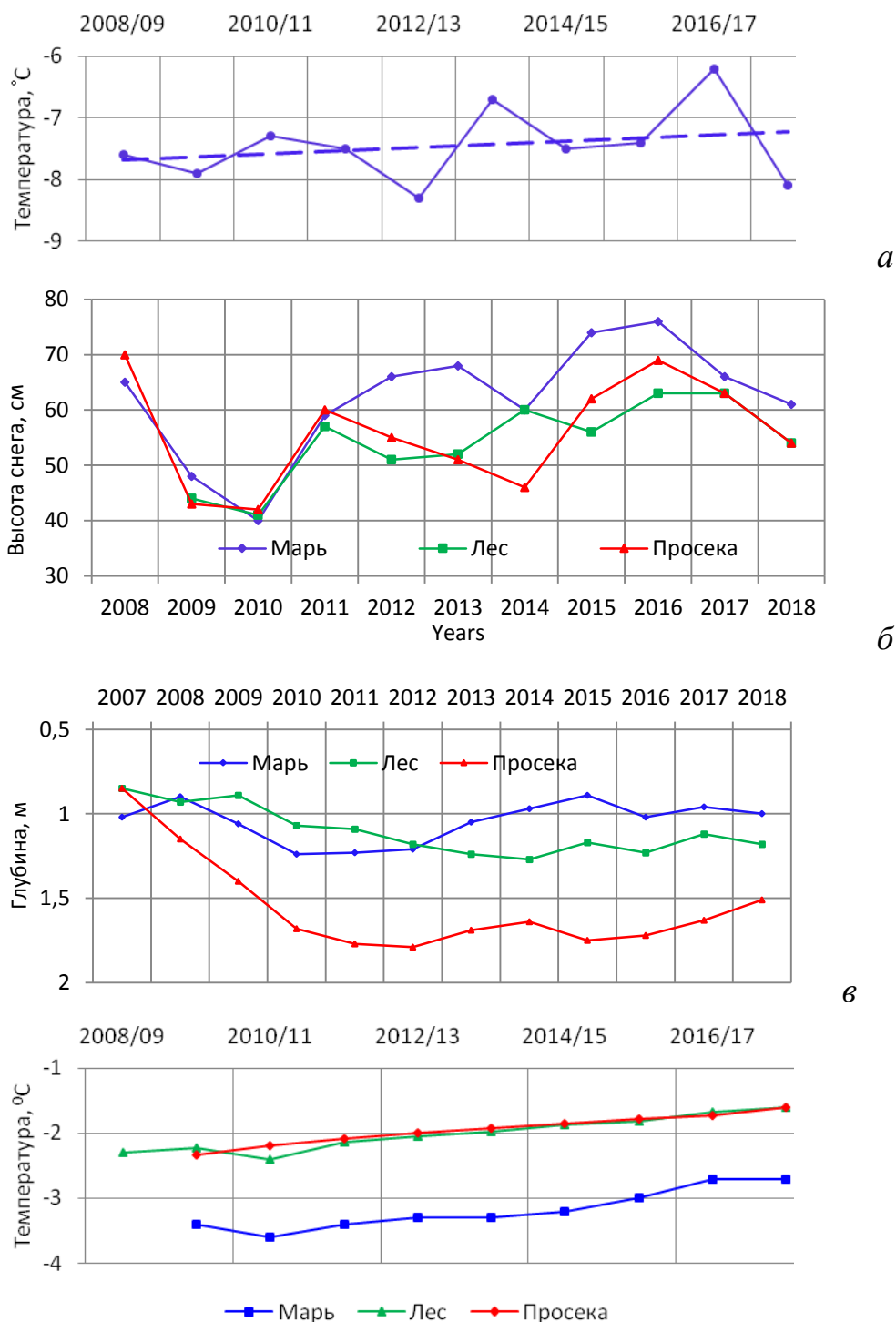


Рис. 1. Изменения средней годовой температуры воздуха в Якутске (а), максимальной высоты снежного покрова (б), мощности СТС (в) и температуры грунтов на глубине 10 м (г) в районе экспериментальных исследований на участке развития пород ледового комплекса вдоль земляного полотна железной дороги

Мощность СТС на мари изменяется в пределах 0,89-1,24 м, составляя в среднем 1,05 м, при этом наблюдается отрицательный тренд равный 1,00 см/год. В лесу мощность СТС на 6 участках изменяется от 0,85 до 1,27 м, составляя в среднем 1,10 м. На более освещенном открытом участке в отдельные годы мощность СТС увеличивается до 1,79 м. Тренд увеличения мощности СТС в лесу составляет 2,75 см/год. На просеках мощность СТС на 6 участках изменяется в пределах 0,85-1,79 м, составляя в среднем 1,55 м. В отдельные годы, экстремальная глубина протаивания достигает 2,67 м. Тренд увеличения мощности СТС на просеках составляет 4,33 см/год, в последние годы отмечается тенденция к восстановлению (рис. 1в). При залегании подземных льдов на глубине 1,5-2,0 м на просеках отмечается их оттаивание и просадки поверхности на этих участках.

Температура грунтов на глубине 10 м в 2009/10 гг. на мари, в лесу и на просеке соответственно составили -3,4, -2,2 и -2,3°C; в 2017/18 гг. температура повысилась повсеместно на 0,6-0,7°C (рис. 1г), тренды их соответственно были равны 0,09, 0,08 и 0,08°C/год.

Итак, на прилегающей к земляному полотну территории после возведения насыпи в связи с изменением микроклиматических условий наблюдается увеличение межгодовой изменчивости мощности снежного покрова. В связи с увеличением освещенности местности и нарушением теплообмена поверхности с атмосферой отмечено значительное увеличение мощности СТС на просеках, в меньшей мере – в лесу у просек. В лесных, маревых комплексах и на просеках повышение температуры грунтов на глубине 10 м составляет 0,5-0,7°C.

Анализ теплового состояния грунтов тела и основания земляного полотна за 2010-2018 гг.

В районе исследований высокие насыпи обычно приурочены на нижней части склонов, ложбинам стока, днищам долин ручьев и рек.

В районе ПК 6926 поперечный профиль оборудован на днище ручья в осенью 2007 г. после вырубki просеки на мари. Здесь сооружен земляное полотно высотой 7 м с бермой. Марь представляет мохово-травяной ерник. Моховой напочвенный покров мощностью до 0,1 м имеет влажность 123-355 %. Активный сезоннопротаивающий слой представлен текучими суглинками, где влажность составляет 42-90 %. Многолетнемерзлые грунты до глубины 5 м представлены суглинками тугопластичными и текучими, их весовая влажность изменяется от 35 до 170 %. Под правым откосом насыпи и бермой на глубине 2,5-3 м встречается подземный лед мощностью до 1,8 м. Температура грунтов на глубине 10 м в естественных маревых условиях равна -3,4°C, что определяется охлаждающим влиянием напочвенного покрова. Мощность активного слоя на мари равна 1,02 м, в лесу – 0,85 м.

Участок ПК 6934 находится на нижней части склона восточной экспозиции с относительно большим уклоном. Поперечный профиль организован осенью 2007 г. и охватывает лес, просеку, земляное полотно высотой до 8 м, просеку и лес. Мохово-брусничный покров мощностью 0,1-0,15 м характеризуется повышенной влажностью (42-62 %). Здесь грунты активного слоя, представленные мягкопластичными суглинками, имеют влажность 24-29 %. Многолетнемерзлые грунты представлены мягкопластичными и текучими суглинками, влажность которых изменяется в широких пределах от 27 до 132 %. Подземный лед и ледогрунт мощностью 2,3-3,5 м залегают на глубине 1,2-2,1 м. Температура грунтов на глубине 10 м колеблется от -2,4 до -2,8°C. Мощность активного слоя в лесу составляет 0,76-0,88 м.

В районе пикетов 6926 и 6934 грунты основания под высокими (7-8 м) насыпями стали охлаждаться с первого года отсыпки и отмечено поднятие верхней границы многолетнемерзлых пород уже к концу теплого сезона 2009 г. на 1 м. Это объясняется тем, что начало отсыпки приходилось в конце холодного сезона. В последующие годы эта тенденция сохранилась и в 2017 г. верхняя граница мерзлоты находилась в теле насыпи (рис. 2 и 3). По температурным данным глубина сезонного протаивания в теле насыпи достигает 4,5-5,5 м, т.е. за десять лет верхняя кромка мерзлоты могла приподняться на 3,5-4,5 м по оси насыпи от уровня первоначального естественного залегания. Здесь следует отметить, что межгодовые колебания амплитуды температуры грунтов основания по оси насыпи на глубине 1,5 м составляет всего 0,3°C, под более затененным правым нижним откосом наибольшая (10,4°C) и под более открытым левым нижним откосом наименьшая (3,0°C) (рис. 3). Многолетнемерзлые грунты основания под этими насыпями находятся в устойчивое состояние.

Участок ПК 6932 представляет склон восточной экспозиции занятый мохово-брусничным лиственничным лесом. Поперечный профиль оборудован в осенью 2007 г. после рубки леса и охватывает лес, просеку, земляное полотно высотой 2-3 м с установкой на бермах СОУ и укладкой на основании бермы и насыпи теплоизоляционного материала из пеноплекса, просеку и лес. В лесу мохово-брусничный напочвенный покров мощностью до 0,1 м характеризуется повышенной влажностью (38-49 %). Средняя влажность активного слоя, представленный мягкопластичными суглинками, составляет 30-31 %. Влажность многолетнемерзлых мягкопластичных и текучих суглинков варьирует в пределах 39-73 %. По всему профилю на глубине 1,7-3,5 м встречается подземный лед мощностью до 6,5 м и ледогрунт мощностью до 2 м. Температура грунтов на глубине 10 м в лесу равна $-2,2^{\circ}\text{C}$. Мощность активного слоя изменяется от 0,72 до 0,82 м. Здесь применения вертикальных парожидкостных СОУ на бермах в сочетании теплоизоляционным материалом из пеноплекса в основании земляного полотна привело к стабильному охлаждению грунтов его основания (рис. 4) и поднятию верхней кровли многолетнемерзлых пород (см. рис. 2), что обеспечивает устойчивость грунтов оснований земляного полотна. Здесь следует отметить, что возведение насыпи производилось в зиму 2009 г.

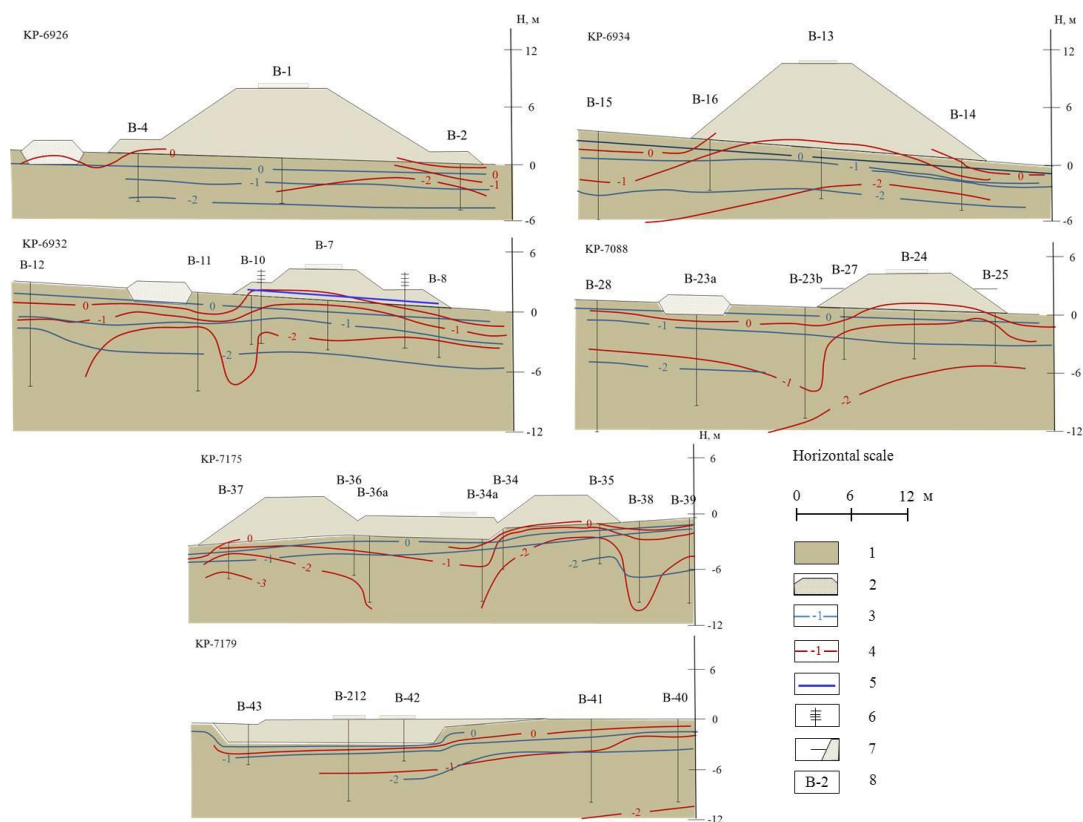


Рис. 2. Трансформация мерзлотных условий грунтов основания земляного полотна железной дороги различных конструкций и прилегающей территории

- 1 – грунты основания земляного полотна и прилегающей территории; 2 – скальный грунт с заполнителем до 10 %; термоизоуплеты грунтов (нулевая изотерма представляет верхнюю границу ММП); 3 – до отсыпки земляного полотна в сентябре 2007 г., 4 – после отсыпки в 1 сентября 2017 г.; 5 – теплоизолирующий слой термоплекса; 6 – сезонно охлаждающее устройство (СОУ); 7 – солнцезащитный и снегоудерживающий навес; 8 – термометрическая скважина и ее номер

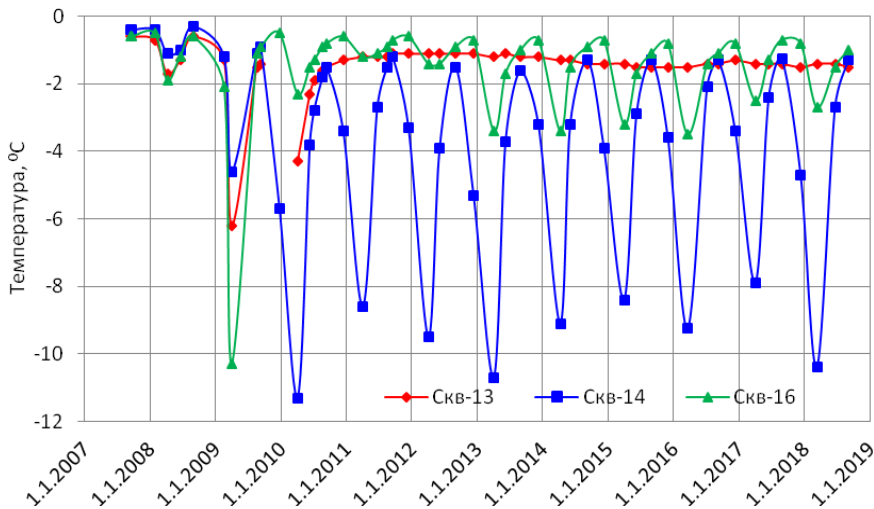


Рис. 3. Динамика температуры грунтов основания на глубине 1,5 м под высокими 7-ми метровыми насыпями (ПК 6934) под основаниями левого (С-16) и правого (С-14) откосов и под оси насыпи (С-13)

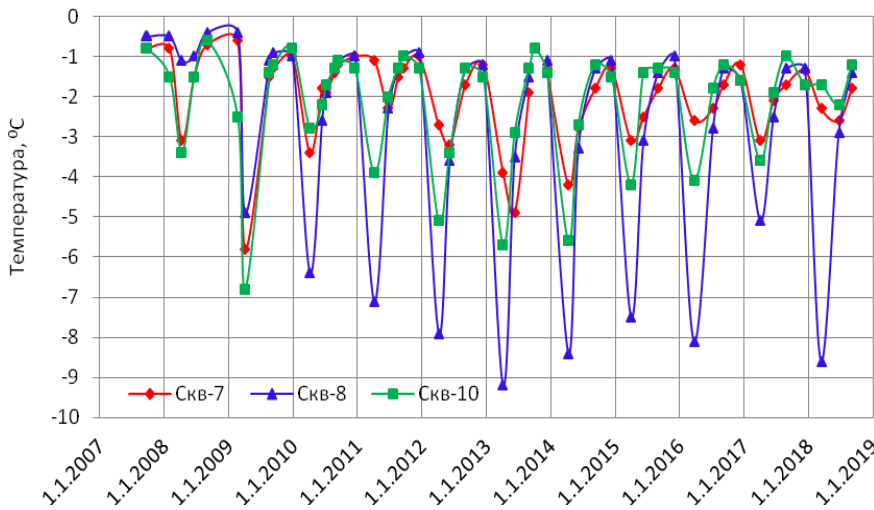


Рис. 4. Динамика температуры грунтов основания на глубине 1,5 м низких 3-метровых насыпей (ПК 6932) с применением СОУ в сочетании теплоизоляционным материалом из пеноплекса на правой (С-8) и левой (С-10) бермах, под оси насыпи (С-7)

В районе ПК 7088 поперечный профиль оборудован в конце августа 2008 г. и проложен на водоразделе межаласья мохово-брусничном лиственничнике и включает лес, просеку, земляное полотно высотой 2,5-3,0 м с консольным солнцезащитным и снегоудерживающим навесом на откосах насыпи, просеку и лес. Мохово-брусничный покров мощностью 0,05-0,1 м сильно увлажнен (90-274 %). Активный супесчаный слой находится в твердом, пластичном и текучем состоянии и средняя влажность слоя изменяется от 28 до 42 %. В основании земляного полотна многолетнемерзлые грунты представлены супесями и суглинками текучими, влажность которых достигает до 52 %. Под ними встречается ледогрунт мощностью 1,0-1,8 м. Слева от земляного полотна на глубине 2,3-3,0 м встречается подземный лед мощностью 5,0-8,0 м. Температура грунтов в лесу на глубинах 5, 10 и 20 м соответственно составляет минус 1,9, 2,5 и 2,8°C. Мощность активного слоя в лесу изменяется в пределах 0,78-1,05 м. Конструкции консольных солнцезащитных навесов на середине откоса насыпи первую зиму после возведения не оказали должного охлаждающего эффекта на грунты основания земляного полотна под навесом. Это объясняется увеличением мощности сезоннопротаивающего слоя и повышением среднегодовой температуры грунтов на просеках вдоль земляного полотна до отсыпки

насыпи, и которые привели к позднему смыканию сезоннотатаивающего слоя и малому накоплению холода. В последующие зимы под навесом, из-за быстрого промерзания сезонноталого слоя, отмечен заметный охлаждающий эффект навесов на грунты основания земляного полотна. Под оси насыпи заметное охлаждение грунтов основания земляного полотна происходило в третью зиму. В настоящее время продолжается тенденция охлаждения грунтов основания насыпей (рис. 5). Здесь слева между насыпью и валиком отмечено деградация мерзлоты, вследствие увеличения мощности СТС и повышения температуры грунтов (см. рис. 2).

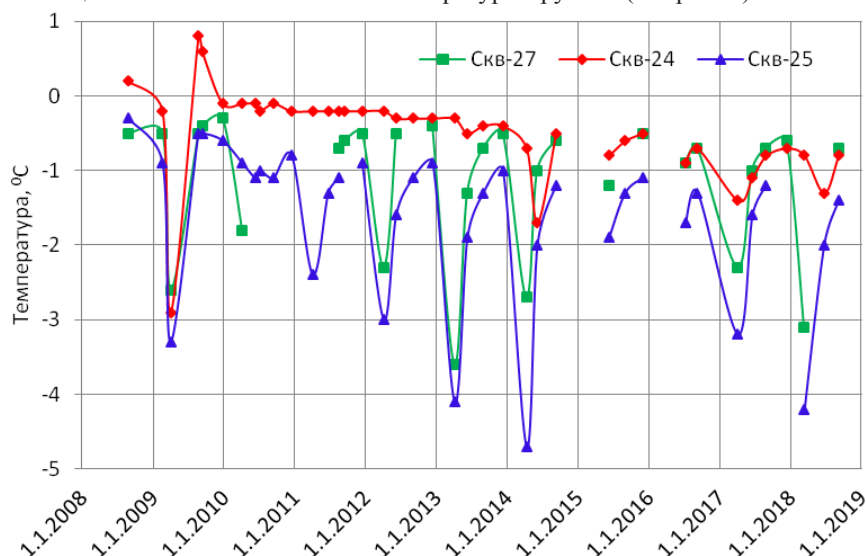


Рис. 5. Динамика температуры грунтов основания на глубине 1,5 м на низких 3-метровых насыпях с применением конструкций консольных снегоудерживающих и солнцезащитных деревянных навесов (ПК 7088): под осью (С-24), под основанием правого (С-25) и левого (С-27) откосов

Участок ПК 7175 представляет склон межаласья западной экспозиции занятый мохово-брусничным лиственничным лесом. Поперечный профиль был оборудован в августе 2008 г. до отсыпки насыпи и охватывает лес, просеку, земляное полотно со сложной конструкцией с высокими боковыми бермами, просеку, лес. В лесу мохово-брусничный напочвенный покров мощностью до 0,1 м достаточно увлажнен (32-53 %). Средняя влажность активного суглинистого слоя составляет 23-24 %, многолетнемерзлого суглинка – 32-116 %. Подземные льды вскрыты с глубины 2,3 м и имеют мощность более 6 м. Температура грунтов в лесу на глубине 10 м составляет -2,0°C. Мощность активного слоя в лесу изменяется в пределах 0,83-0,95 м.

На участке ПК 7175 в начале теплого сезона 2009 г. была начата возведения насыпи с частичным удалением грунтов активного слоя и заменой их скальными породами. К концу лета грунты основания насыпи до глубины 1 м были талыми, а на глубинах 3 и 5 м температуры, по сравнению с осенью 2008 г. почти не изменились. В зимний сезон 2009/2010 гг. здесь была сооружена насыпь до проектного уровня со сложной конструкцией с высокими боковыми бермами (см. рис. 2). 23 августа 2010 г. пробурена скважина В-34а, по данным которой верхняя граница многолетнемерзлых пород находилась на глубине 3 м от поверхности насыпи. В конце теплого сезона 2011 г. по температурным данным этой скважины эта граница опустилась ещё на 1,5 м. В период 2011-2017 гг. верхняя граница многолетней мерзлоты колебалась на глубине в пределах 4,3-4,8 м (рис. 6). В 2011 г. отмечено существенное понижение температуры грунтов основания высокой (5 м) левой бермы, незначительное понижение температуры зафиксировано под невысокой (3 м) правой бермой. В 2012 г. под правой бермой верхняя кровля многолетней мерзлоты приподнята до уровня естественной поверхности, а под левой бермой верхняя граница мерзлых грунтов отмечена уже в теле высокой бермы. Итак, по состоянию 2017 г., грунты основания под высокими бермами имеют тенденцию к охлаждению, а под насыпью – к повышению (см. рис. 2).

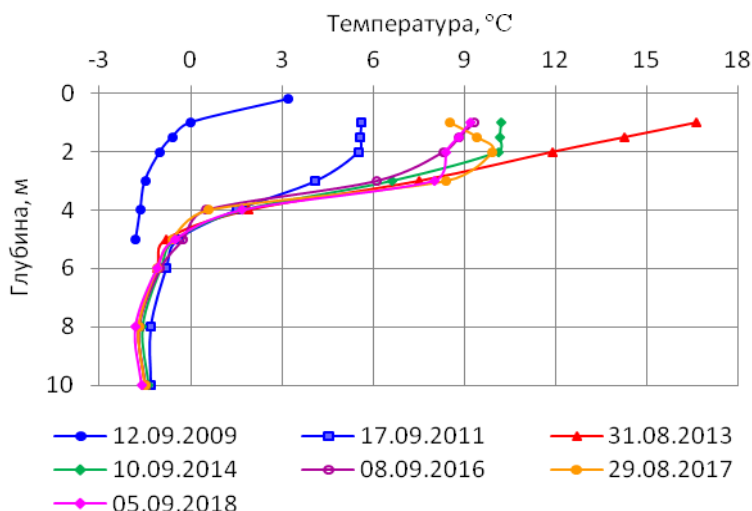


Рис. 6. Изменение температуры грунтов по глубине в теле насыпи (мощностью до 2,8 м) и грунтов основания земляного полотна железной дороги в районе ПК 7175

Участок ПК 7179 представляет ровную поверхность межаласья занятый мохово-брусничным лиственничным лесом. В поперечном профиле бурение и оборудование термических скважин произведено в конце августа 2009 г. после возведения земляного полотна. При бурении скважин глубина протаивания от поверхности насыпи составляла 2,5-3,0 м при мощности скального грунта 2,2 м. Напочвенный мохово-брусничный покров на просеке и в лесу характеризуется средней увлажненностью (20-30 %). Под осью земляного полотна на глубине 3,8 м встречается подземный лед мощностью до 1 м. В лиственничном лесу температура грунтов на глубине 10 м составляла $-2,0^{\circ}\text{C}$. Мощность активного слоя под пологом леса составляла 0,73-0,85 м. Здесь сооружена нулевая насыпь с удалением грунтов сезоннотатаивающего слоя и заменой его скальными грунтами. Уже с первого года сооружения насыпи выявлено формирование многолетней чаши протаивания, угрожающая устойчивости земляного полотна (см. рис. 2). В настоящее время этот процесс продолжается. Глубина протаивания достигла более 4 м (рис. 7а). Температура грунтов основания земляного полотна имеет тенденцию к повышению (рис. 7б).

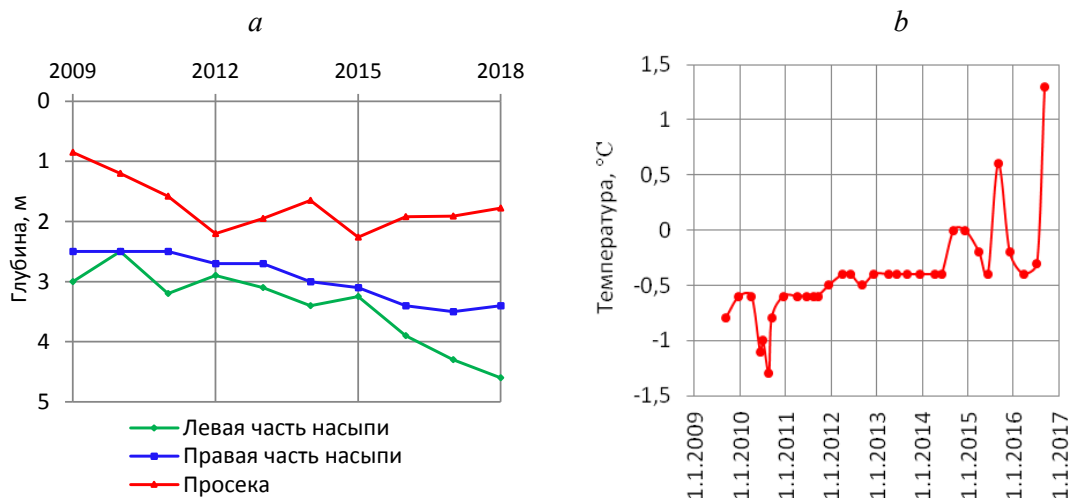


Рис. 7. Динамика глубины сезонного протаивания грунтов на просеке и грунтов основания (а) и температуры грунтов основания на глубине 3 м (б) нулевой насыпи в районе ПК 7179

В период временной эксплуатации железной дороги наблюдается деградация мерзлых пород ледового комплекса на откосах и днищах выемок. Слабым местом выемок, проложенных по сильнольдистым и сильнопросадочным категориям грунтов, являются откосы их в местах контакта подстилаемых льдистых грунтов со скальными грунтами, особенно в его верхней части. Выемки по мерзлотно-грунтовым условиям можно подразделить на 3 группы: слабо-, средне- и сильнодеформируемые. Слабодеформируемые выемки приурочены к участкам с песчаными грунтами II и III категорий просадочности, среднедеформируемые выемки характерны на супесчаных и суглинистых грунтах III-IV категорий просадочности и сильнодеформируемые выемки встречаются на супесчаных и суглинистых грунтах IV-V категорий просадочности с повторно-жильными льдами. На участке распространения пород ледового комплекса выемки и нулевые насыпи занимают около 14 % трассы.

В районе ПК 6924 температурный режим грунтов после строительства земляного полотна железной дороги на участке выемки резко изменился в сторону потепления. На левом борте откоса выемки температура грунтов имеет тенденцию к повышению, на валике, наоборот, к понижению. Сравнение температурных данных в период изысканий в 2005 г. (С-281/05) и в период временной эксплуатации дороги в 2016 г. показало, что температура грунтов левого борта откоса выемки на глубинах 2,5; 5 и 10 м за это время повысилась соответственно на 5,6; 1,9 и 1,4°C, слева на валике на 1,6; 1,5 и 1,2°C (рис. 8). В 2016 г. по температурным данным мощность сезонноталого слоя в лесу составила 0,8 м, на валике – 2,4 м и на левом борте откоса выемки – 3,8 м, что свидетельствует о деградации многолетней мерзлоты на прилегающем участке выемки.

В районе ПК 7002 в 2011 г. была пробурена скважина на дне выемки. Здесь мощность каменной отсыпки составляет 2 м. Температура грунтов на глубине 10 м была равной -1,2°C. В 2012, 2013 и 2014 гг. по температурным данным мощность сезонного протаивания соответственно составила 2,2, 3,3 и 3,3 м. Температуры на глубинах 5 и 10 м были соответственно: в 2012 г.: -1,0 и -1,1°C; в 2013 г.: -0,5 и -1,0°C; в 2014 г.: -0,4 и -1,0°C. В 2006 г. по данным изысканий на этом участке (ПК 7002, С-4/06) в естественных условиях в лесу на этих глубинах температуры грунтов соответствовали -2,4 и -2,1°C. Итак, за 8-летний период под выемкой температура многолетнемерзлых пород на глубинах 5 и 10 м повысилась на 2,0 и 1,4°C (см. рис. 8).

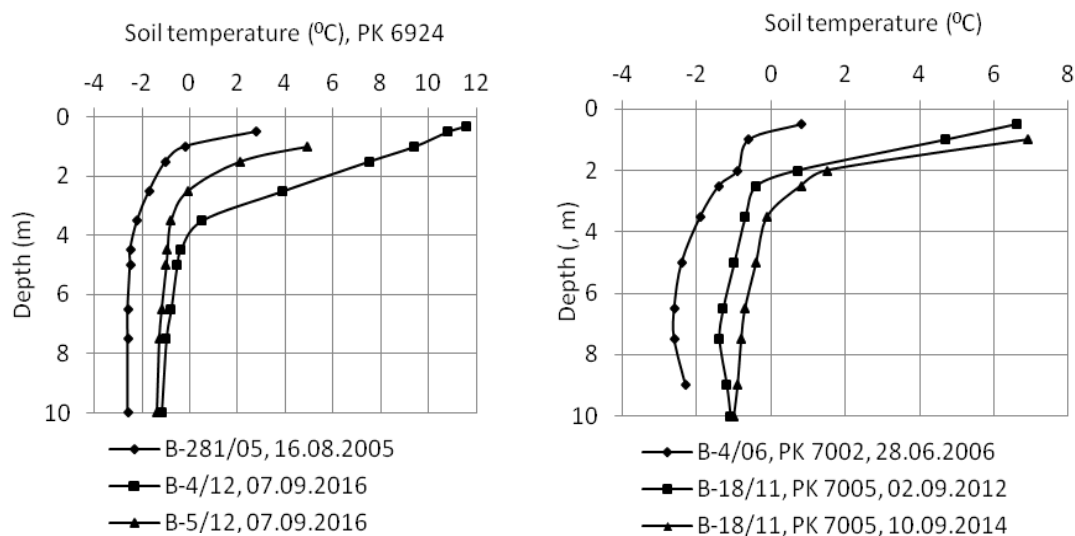


Рис. 8. Изменение температуры грунтов по глубине в естественных условиях (СВ-281/05; С-4/06), у борта выемки (С-4/12), на валике (С-5/12) и на дне выемки в районе ПК: 6924, 7002, 7005

Таким образом, в период временной эксплуатации железной дороги наблюдается деградация мерзлых пород ледового комплекса на откосах и днищах выемок (рис. 9).

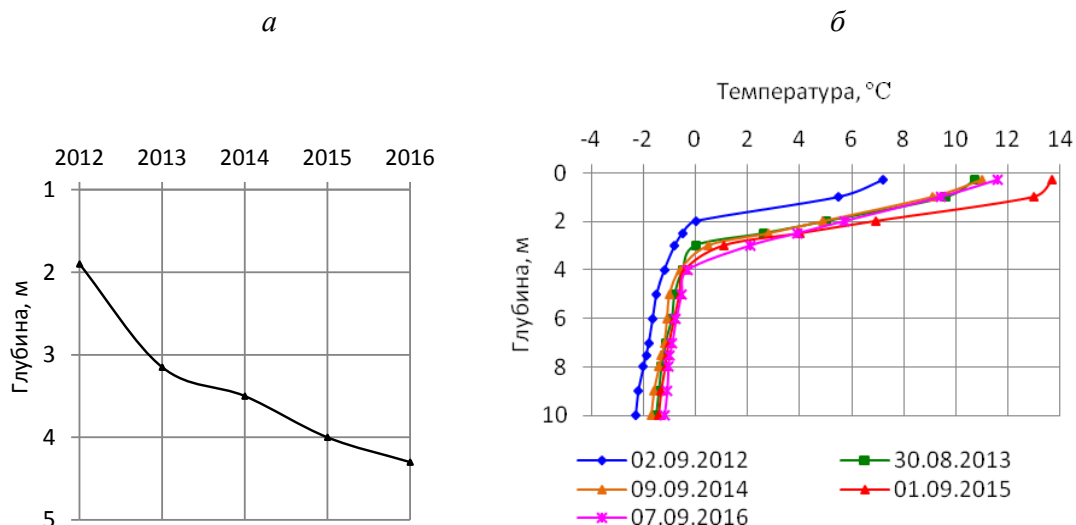


Рис. 9. Динамика глубины протаивания грунтов основания на дне выемки в районе ПК 7005+50 (а) и изменение температуры грунтов по глубине на борту откоса выемки ПК 6924 (б)

Закключение

1. На основе инженерно-геокриологического мониторинга за период 2009-2017 гг. на участке развития пород ледового комплекса выявлены закономерности динамики теплового состояния грунтов в системе железнодорожное полотно – окружающая среда.

2. На прилегающей к земляному полотну территории после возведение насыпи в связи с изменением микроклиматических условий наблюдается увеличение межгодовой изменчивости мощности снежного покрова. В связи с увеличением освещенности местности и нарушением теплообмена поверхности с атмосферой отмечено значительное увеличение мощности СТС на просеках, в меньшей мере – в лесу у просек. В лесных, маревых комплексах и на просеках повышение температуры грунтов на глубине 10 м составляет 0,5-0,7°C.

3. Количественно оценена динамика теплового состояния грунтов основания и тела земляного полотна железной дороги при широком применении сезонно-охлаждающих устройств, теплоизоляционных материалов, снегоудерживающих и солнцезащитных навесов. Установлено поднятие верхней кровли многолетнемерзлых пород и охлаждения грунтов основания под высокими насыпями, низкими насыпями при совместном применении СОУ и теплоизоляционных материалов, и при использовании снегоудерживающих и солнцезащитных навесов. Выявлено формирование многолетней чаши протаивания при отсыпке нулевой насыпи с удалением сезонно-талого слоя в её основании. Отмечена деградация мерзлых пород ледового комплекса на откосах и днищах выемок.

Литература

1. Варламов С.П. Лыдность грунтов северного участка проектируемой железной дороги Томмот-Кердем (ст. Олень – ст. Кердем) // Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменения: Материалы Международной конференции (Тюмень, 29-31 мая, 2006 г.). – Тюмень, 2006. – Т. 2. – С. 212-214.
2. Позин В.А. «Ледовый комплекс» Центральной Якутии как опытный полигон железнодорожного строительства в экстремальных инженерно-геокриологических условиях / В.А. Позин, А.А. Королев, М.С. Наумов // Инженерная геология. – 2009. – № 1. – С. 12-18.
3. Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты (ВСН 84-89). – М.: Министерство транспортного строительства СССР, 1990. – 271 с.
4. Обеспечение надежности строящихся сооружений железнодорожной линии Томмот-Кердем на участке «ледового комплекса» // Материалы семинара-совещания (Якутск, 11-12 сент. 2007 г.). – Якутск, 2007. – 165 с.

5. Проектирование и строительство земляного полотна железной дороги Томмот-Кердем в сложных инженерно-геокриологических условиях. Итоги инженерных изысканий в 2005 г. // Материалы научно-технического совета (Якутск, 7-8 дек. 2005 г.). – М., 2005. – 118 с.
6. Варламов С.П. Натурные исследования температурного режима грунтов основания насыпей на участке развития ледового комплекса // Современные проблемы теплофизики и теплоэнергетики в условиях Крайнего Севера: материалы X научно-технической конференции памяти профессора Н.С. Иванова (7 декабря 2011 г., г. Якутск). – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2013. – С. 33-46.
7. Варламов С.П. Тепловое состояние грунтов выемок железной дороги Томмот – Нижний Бестях на участке развития ледового комплекса // Современные проблемы теплофизики и теплоэнергетики в условиях Крайнего Севера: материалы XI науч.-тех. конф., посвящ. памяти д.т.н., проф. Н.С. Иванова (Якутск, 7 декабря 2013 г.) [электронное издание]. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2016. – С. 90-98.
8. Варламов С.П. Трансформация мерзлотных компонентов экосистем под влиянием природно-технических систем / С.П. Варламов, П.Н. Скрябин // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11 – С. 74-76.
9. Варламов С.П., Скрябин П.Н., Шендер Н.И. О тепловом состоянии оснований насыпей железной дороги Томмот – Кердем на участке распространения пород ледового комплекса // Проблемы инженерного мерзлотоведения: материалы IX Международного симпозиума, 3-7 сентября 2011 г., г. Мирный. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения им. П.И.Мельникова СО РАН, 2011. – С. 204-209.
10. Stepan Varlamov. Temperature study of railway embankments on ice-rich permafrost in Yakutia // Journal of Engineering of Heilongjiang University. Special Edition of the 10th International Symposium on Permafrost Engineering, 2014, vol. 5, No 3, pp. 90-99.

References

1. Varlamov S.P. L'distost' gruntov severnogo uchastka proektiruemoj zheleznoj dorogi Tommot-Kerdem (st. Olen' – st. Kerdem) // Teoriya i praktika ocenki sostoyaniya kriosfery Zemli i prognoz ee izmeneniya: Materialy Mezhdunarodnoj konferencii (Tyumen', 29-31 maya, 2006 g.). – Tyumen', 2006. – T. 2. – S. 212-214.
2. Pozin V.A. «Ledovyy kompleks» Central'noj YAkutii kak opytnyj poligon zheleznodorozhnogo stroitel'stva v ehkstremaal'nyh inzhenerno-geokriologicheskikh usloviyakh / V.A. Pozin, A.A. Korolev, M.S. Naumov // Inzhenernaya geologiya. – 2009. – № 1. – S. 12-18.
3. Izyskaniya, proektirovanie i stroitel'stvo avtomobil'nyh dorog v rajonah rasprostraneniya vechnoj merzloty (VSN 84-89). – M.: Ministerstvo transportnogo stroitel'stva SSSR, 1990. – 271 s.
4. Obespechenie nadezhnosti stroyashchihsya sooruzhenij zheleznodorozhnoj linii Tommot-Kerdem na uchastke «ledovogo kompleksa» // Materialy seminara-soveshchaniya (Yakutsk, 11-12 sent. 2007 g.). – Yakutsk, 2007. – 165 s.
5. Proektirovanie i stroitel'stvo zemlyanogo polotna zheleznoj dorogi Tommot-Kerdem v slozhnykh inzhenerno-geokriologicheskikh usloviyakh. Itogi inzhenernykh izyskanij v 2005 g. // Materialy nauchno-tekhnicheskogo soveta (Yakutsk, 7-8 dek. 2005 g.). – M., 2005. – 118 s.
6. Varlamov S.P. Naturnye issledovaniya temperaturnogo rezhima gruntov osnovaniya nasypej na uchastke razvitiya ledovogo kompleksa // Sovremennye problemy teplofiziki i teploehnergetiki v usloviyakh Krajnego Severa: materialy H nauchno-tekhnicheskoy konferencii pamyati professora N.S. Ivanova (7 dekabrya 2011 g., g. Yakutsk). – Yakutsk: Izdatel'skij dom SVFU, 2013. – S. 33-46.
7. Varlamov S.P. Teplovoe sostoyanie gruntov vyemok zheleznoj dorogi Tommot – Nizhnij Bestyah na uchastke razvitiya ledovogo kompleksa // Sovremennye problemy teplofiziki i teploehnergetiki v usloviyakh Krajnego Severa: materialy HI nauch.-tekhn. konf., posvyashch. pamyati d.t.n., prof. N.S. Ivanova (Yakutsk, 7 dekabrya 2013 g.) [ehlektronnoe izdanie]. – Yakutsk: Izdatel'skij dom SVFU, 2016. – S. 90-98.
8. Varlamov S.P. Transformaciya merzlotnykh komponentov ehkosistem pod vliyaniem prirodno-tekhnicheskikh sistem / S.P. Varlamov, P.N. Skryabin // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2012. – № 11 – S. 74-76.
9. Varlamov S.P., Skryabin P.N., Shender N.I. O teplovom sostoyanii osnovanij nasypej zheleznoj dorogi Tommot – Kerdem na uchastke rasprostraneniya porod ledovogo kompleksa // Problemy inzhenernogo merzlotovedeniya: materialy IX Mezhdunarodnogo simpoziuma, 3-7 sentyabrya 2011 g., g. Mirnyj. – Yakutsk: Izd-vo Instituta merzlotovedeniya im. P.I.Mel'nikova SO RAN, 2011. – S. 204-209.
10. Stepan Varlamov. Temperature study of railway embankments on ice-rich permafrost in Yakutia // Journal of Engineering of Heilongjiang University. Special Edition of the 10th International Symposium on Permafrost Engineering, 2014, vol. 5, No 3, pp. 90-99.

Ю. А. Мурзин

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

ТЕРМОКАРСТ ВОСТОЧНОГО ВЕРХОЯНЬЯ

Аннотация. В статье говорится о геокриологических исследованиях, проведённых в северо-восточной части Верхоянского хребта представленного хребтами Орулган, Кулар и Кисилых. Для этого региона характерны суровые климатические условия, сплошное развитие низкотемпературной толщи мёрзлых пород, что благоприятствует распространению подземных льдов. Несмотря на широкое распространение подземных льдов, близко залегающих к дневной поверхности, развитие термокарста здесь имеет ограниченное распространение. Это по всей вероятности обусловлено низкими температурами горных пород и большими запасами холода в них. Батагайский «провал», это современное термокарстовое образование, представляющий собой нормальный процесс развития территории Восточного Верхоянья.

Ключевые слова: Восточное Верхоянье, климат, мёрзлые породы, подземные льды, термокарст, Батагайский «провал».

Y. A. Murzin

Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia

THERMOKARST IN THE EASTERN VERKHOKANSK MOUNTAINS

Abstract. This paper describes the geocryological investigations conducted in the northeastern part of the Verkhoyansk Mountains comprised of the Orulgan, Kular and Kihilyakh ridges. The study area is characterized by a harsh climate and cold, continuous permafrost, which favor widespread occurrence of ground ice. Despite the shallow depth to ground ice, thermokarst development is limited. This is probably due to low temperatures of the permafrost and its large cold storage. The Batagay sinkhole is a current thermokarst feature representing a normal evolution process in the eastern Verkhoyansk Mountains.

Keywords: eastern Verkhoyansk Mountains, climate, permafrost, ground ice, thermokarst, Batagay sinkhole.

Введение

В работе рассматривается северо-восточная часть Верхоянского хребта, представленная хребтами Орулган, Кулар, и Кисилых. Хребет Кисилых один из малых хребтов в северо-западной части горной системы Черского [1]. В региональном плане исследуемая территория находится в пределах Верхояно–Колымской складчатой области. В геологическом строении принимают участие осадочные породы мезозоя и рыхлые отложения четвертичного возраста. Мезозойские терригенные отложения представлены толщей переслаивающихся алевролитов песчаников и аргиллитов юрского возраста. Рыхлые отложения перекрывают большую часть территории. Их мощность достигает 60 м и более [2].

Общая характеристика климата и геокриологии

Климат района резко континентальный, с низкими зимними и относительно высокими летними температурами воздуха, малым количеством осадков. Годовая сумма осадков составляет 180-200 мм, из них летом выпадает 85-134 мм. Среднегодовая температура воздуха $-15,9^{\circ}\text{C}$. Наиболее холодный месяц – январь со средней температурой $-45,1^{\circ}\text{C}$, а наиболее тёплый – июнь с температурой $9,9^{\circ}\text{C}$ [3].

Суровые климатические условия региона обуславливают здесь развитие сплошной низкотемпературной толщи мёрзлых пород мощностью от 200 до 500 м, с температурой от $-6,0^{\circ}\text{C}$

МУРЗИН Юрий Андреевич – н. с., Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

E-mail: murzin@mpi.ysn.ru

MURZIN Yuri Andreevich – Scientific researcher, Melnikov Permafrost Institute, SB RAS.

E-mail: svarlamov@mpi.ysn.ru

до $-10,0^{\circ}\text{C}$ [4; 5]. Под руслом р. Яны и её притоков развит талик мощностью от 12 до 27 м. Буровыми работами и расчётным путём установлено, что под крупными термокарстовыми озёрами Туосташской впадины развиты сквозные талики [6].

Геокриологические исследования, проведённые в долинах рек Кючюс, Кимпичи, Адычи, Батагайке и др., показали, что сложное геологическое строение, большая мощность рыхлых отложений, сплошное развитие мёрзлых пород, обуславливает широкое развитие в Восточном Верхоянье подземных льдов, и как следствие этого появление термокарста [7-10].

Результаты исследований и их анализ

В 2007 г. нами были проведены геокриологические исследования в долине р. Кючюс (левый приток р. Яны). Река берёт своё начало с восточного склона хребта Кулар, протяжённость её более 50 км, площадь водосбора около 490 км^2 . В тонкодисперсных наносах долины р. Кючюс выделяются два яруса повторно-жильных льдов (ПЖЛ). Верхний ярус ледяных жил с базальной криогенной текстурой, мощностью до 20 м, залегает в склоновых отложениях. Нижний ярус ПЖЛ с линзовидной криогенной текстурой приурочен к аллювию и подстилается русловыми галечниками р. Яны [7].

На водораздельной поверхности р. Кючюс располагается несколько крупных термокарстовых озёр. Нами было обследовано озеро Щучье (рис. 1).



Рис. 1. Озеро Щучье. Фото Ю.А. Мурзина

Озеро Щучье имеют округлую форму. Диаметр около 0,5 км. Максимальные глубины до 10 м. В результате разведочного бурения установлено, что под озером находятся талик, мощность которого не превышает 5-10 м. Этот факт не согласуется с теоретическими представлениями, согласно которым, при существующих геокриологических условиях, под отмеченным озером диаметром порядка 0,5 км должны формироваться сквозные талики [6]. Из этого мы делаем вывод, что образование термокарстовых озёр в долине р. Кючюс произошло сравнительно недавно.

В 2011 г. были проведены исследования в бассейне р. Кимпичи (приток р. Бытантая, берущей истоки с восточного склона хребта Орулган и впадающей в р. Яну) [8]. Маршрутное обследование территории, изучение обнажений показало, что в наносах пологих склонов широко развиты подземные льды. Для примера приведём описание обнажения в термоэрозионном овраге, возникшего по вездеходной дороге, в нижней части пологого склона северо-западной экспозиции правого борта долины ручья Граничный. Протяжённость этого оврага более 100 м. Высота стенок его бортов в отдельных местах достигает 3 м. При зачистке обнажения был вскрыт подземный лёд, который появляется с глубины 1 м и прослеживается на всём протяжении оврага, плавно повторяя контуры дневной поверхности. Видимая мощность льда более 1 м, а его мощность по косвенным признакам оценена в 4-5 м. Лёд мутный, имеет много пузырьков воздуха, изредка встречаются грунтовые прослойки. Предположительно это лёд полигенетического происхождения (инъекционный, сегрегационный, повторно-жильный и др.), он имеет площадное распространение, протягиваясь широкой полосой вдоль подножия пологих склонов (рис. 2).

Не смотря на широкое распространение подземного льда, близко залегающего от дневной поверхности, развитие термокарста имеет ограниченный характер. Это, вероятно, обусловлено низкими температурами горных пород и большими запасами в них холода. Данная территория относится к области с высокой термической устойчивостью [11].



Рис. 2. Подземный лёд полигенетического происхождения в стенках термоэрозионного оврага. Фото Ю.А. Мурзина

При изучении Туостаской впадины (долина р. Адычи) был изучен пологий ($2-3^{\circ}$) юго-восточный склон хр. Кислях, на котором хорошо выражены термокарстовые котловины (рис. 3). Мощность склоновых супесчано-суглинистых отложений достигает 20 м, и они пронизаны повторно жильными – льдами с базальной криогенной текстурой [12].

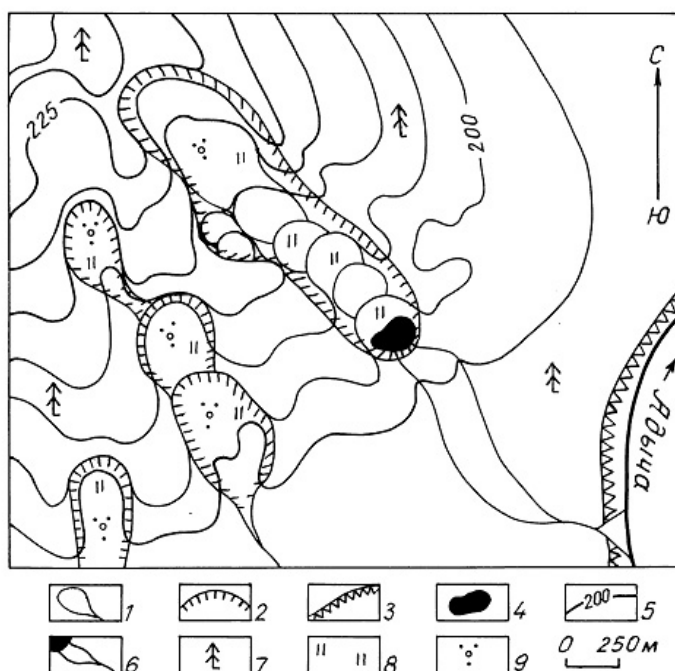


Рис. 3. Термокарстовые котловины на юго-восточном склоне хребта Кислях.

- 1 – термокарстовые котловины; 2 – обрывистые борта котловин; 3 – берег реки; 4 – озеро;
5 – горизонталы; 6 – ложбины стока; 7 – древесная растительность; 8 – луговая растительность;
9 – кустарниковая растительность

Чаще всего термокарстовые котловины расширяются в сторону топографического уклона поверхности земли и тяготеют к ложбинам стока. Обычно они имеют овальную форму их ширина 0,5-0,7 км, и вытянуты вниз по склону на 1,0-1,5 км. От склона они отделены уступом крутизной 7-10°. Днище котловин занято кустарниково-луговой растительностью. Отдельные котловины, соединяясь друг с другом, образуют сложные взаимосвязанные образования. В самых нижних западинах отмечены подпрудные озёра размером 100x250 м, тем самым создаются условия для дальнейшего развития термокарста [6].

В 2018 г. было обследовано обнажение Батагайского «провала», расположенного в долине р. Батагайки (приток р. Яны).

Батагайский «провал» расположен между посёлками Батагай и Эге-Хая, на юго-восточной седловине горы Киргилях. На топографической карте масштаба 1: 100000 издания 1965 г «провал» показан в виде линейной депрессии шириной 10 м и глубиной 5 м. В 1969 г. депрессия так же носила линейный характер и имела незначительно большие размеры. С 70-х годов прошлого века «провал» начал резко увеличиваться в ширину и глубину, и в настоящее время это образование приобрело очертание, напоминающее по форме морского ската (рис. 4) [13, 14].



Рис. 4. Аэрофотоснимок. 2007 г.

В настоящее время ширина «провала» составляет более 600 м. при общей длине более 4 км. Мощность рыхлых отложений достигает 60 м, и они постилаются коренными породами триасового возраста.

В разрезе «провала» хорошо выражены две толщи рыхлых отложений, имеющих различный состав. Верхняя толща представлена суглинками (всего четыре пачки) разделённых слоистыми супесями. Для этой толщи характерно высокое содержание подземного льда представленного ледяными жилами с базальной криогенной текстурой. Ниже, расположена толща мелкозернистых желтовато-серых песков, подстилаемых серыми и тёмно-серыми песками. Для этой толщи, характерна массивная криогенная текстура [13] (рис. 5).



Рис. 5. Фрагмент обнажения Батагайского «провала». Верхняя толща представлена суглинками с базальной криогенной текстурой. Нижняя толща представлена песками с массивной криогенной текстурой. Фото Сорокиной К.И.

Появлению Батагайского «провала» благоприятствовали следующие факторы.

1. Антропогенный. «Провал» расположен не далеко от карьера, в котором добывают песок.
2. Климатический. По метеостанции Верхоянск, с 1967 по 2010 гг. отмечались заметные климатические изменения. Они сводились к следующему: 1). Более чем на 1° увеличилась среднегодовая температура воздуха. 2) Почти на 20 мм возросла сумма летних атмосферных осадков [15]. В июле 2005 г., в п. Батагай селевым потоком была разрушена центральная улица (рис. 6). Причиной схода селевого потока явились проливные дожди, продолжавшиеся несколько дней (с 25 июля по 30 июля 2005 г.). Вода переполнила искусственный водоём, созданный в своё время для технического водоснабжения п. Аэропорт. Дамбой для водоёма служила прилегающая непосредственно к нему асфальтированная дорога «Батагай-Аэропорт». Справа от дороги резкий обрыв в сторону распадка. Переполнившись, массы воды прорвали перемычку дороги и бурлящим грязевым потоком ринулись по уклону распадка в сторону пос. Батагай. Что и привело к стихийному бедствию.



Рис. 6. В Верхоянском районе, в ночь с 29.07.2005 г. на 30.07.2005 г., на пос. Батагай обрушился селевой поток, который нанёс значительный урон коммуникациям, ЛЭП, жилищным и административным постройкам. Основной удар селевой поток нанёс центральной ул. Ленина. Фото Сорокиной К.М.

3. Тектонический. На Северо-Востоке Якутии, самыми значительными скоростями вздымания (до +20 мм/год) отмечается в Верхоянской горной системе. В феврале 1951 г. в бассейне р. Адычи было отмечено землетрясение силой 7 баллов. В посёлке Батагай интенсивность толчка составила 4 балла [16]. В феврале 2013 г. было отмечено Абыйское землетрясение, интенсивность сотрясений в Батагае достигала 6 баллов [17].

Заключение

В Восточном Верхоянье, несмотря на широкое распространение подземные льды близко залегающих к дневной поверхности, развитие термокарста имеет ограниченное распространение. Это, по всей вероятности, обусловлено низкими температурами горных пород и большими запасами холода в них. Батагайский «провал» – это современное термокарстовое образование, представляющее собой нормальный процесс развития территории.

Литература

1. Матахов С.Е., Матахов С.Е., Некрасов И.А., Дмитриева З.К., Калмыкова А.И. Якутская АССР. Словарь-справочник. – Якутск: Якутское книжное изд-во, 1980. – 184 с.
2. Геоморфология Восточной Якутии. / Русанов Б.С. [и др.]. – Якутск: Якутское книжное изд-во, 1967. – 376 с.
3. Справочник по климату СССР (Якутская АССР). Вып. 24, часть 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 96 с.
4. Некрасов И.А., Девяткин В.Н. Морфология криолитозоны бассейна р. Яны и сопредельных районов. – Новосибирск: Наука, 1974. – 72 с.
5. Мурзин Ю.А., Русаков В.Г. Температуры горных пород в бассейне р. Яны // Криолитозона и подземные воды Сибири. Ч. 1. Морфология криолитозоны. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1996. – С. 45-56.
6. Мурзин Ю.А., Тетельбаум А.С., Шендер Н.И. Влияние термокарстовых озёр Нижне-Адычанской впадины на формирование стационарного температурного поля // Озёра холодных регионов. – Якутск: ЯГУ, 2000. – С. 127-136.
7. Мурзин Ю.А. Вечная мерзлота в долине реки Кючюс / Ю.А. Мурзин // Природа. – 2014. – № 2. – С. 39-44.
8. Мурзин Ю.А. Подземные льды в бассейне реки Кимпиче / Ю.А. Мурзин // Природа. – 2016. – № 10. – С. 60-67.
9. Мурзин Ю.А., Жижин В.И. Геокриологические условия хребта Кисилых на участке пересечения его рекой Адычей // Геология и минерально-сырьевые ресурсы северо-востока России: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции (31 марта – 2 апреля 2015 г.). – Якутск: ИД СВФУ, 2015. – С. 299–303.
10. Мурзин Ю.А. Геокриологические условия Янского плоскогорья // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, 18-20 апреля 2018. Том II. – Якутск. Изд-во ИМ СО РАН им П.И. Мельникова, 2018. – С. 250-253.
11. Малкова Г.В. Оценка устойчивости мёрзлых пород при современных изменениях климата / Г.В. Малкова, А.В. Павлова, Ю.Б. Скачков // Криосфера земли. – 2011. – том XV, № 4. – С.33-36.
12. Слагода Е.А. Микростроение мёрзлых склоновых отложений гряды Кисилых // Денудация в криолитозоне. – М.: Наука, 1991. – С. 19-29.
13. Вдовина Л.Г. Батагайский «провал» – современный термокарст, развивающийся в реальном времени / Л.Г. Вдовина // Геологический вестник Якутии. – 2017. – № 1(16). – С. 43-50.
14. Куницкий В.В. Льдистые породы и термоденудация в районе посёлка Батагай (Янское плоскогорье, Восточная Сибирь) / В.В. Куницкий, И.И. Сыромятников, Л. Ширрмейстер и др. // Криосфера земли. – 2013. – Том XVII, № 1. – С. 56-68.
15. Сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ – МЦД) // (режим доступа: <http://meteo.ru/>) дата обращения: 1.03.2019.
16. Кочетков В.М. Сейсмичность Якутии. – М.: Наука, 1966. – 92 с.
17. Шибаев С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф. и др. Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН. 2015. – 224 с.

References

1. Mastahov S.E., Mastahov S.E., Nekrasov I.A., Dmitrieva Z.K., Kalmykova A.I. Yakutskaya ASSR. Slovar'-spravochnik. – Yakutsk: Yakutskoe knizhnoe izd-vo, 1980. – 184 s.
2. Geomorfologiya Vostochnoj Yakutii. / Rusanov B.S. [i dr.]. – Yakutsk: Yakutskoe knizhnoe izd-vo, 1967. – 376 s.
3. Spravochnik po klimatu SSSR (Yakutskaya ASSR). Vyp. 24, chast' 1. – L.: Gidrometeoizdat, 1967. – 96 s.
4. Nekrasov I.A., Devyatkin V.N. Morfologiya kriolitozony bassejna r. Yany i sopredel'nyh rajonov. – Novosibirsk: Nauka, 1974. – 72 s.
5. Murzin Yu.A., Rusakov V.G. Temperatury gornyh porod v bassejne r. Yany // Kriolitizona i podzemnye vody Sibiri. Ch. 1. Morfologiya kriolitozony. – Yakutsk: IMZ SO RAN, 1996. – S. 45-56.
6. Murzin Yu.A., Tetel'baum A.S., SHender N.I. Vliyanie termokarstovyh ozyor Nizhne-Adychanskoj vpadiny na formirovanie stacionarnogo temperaturnogo polya // Ozyora holodnyh regionov. – Yakutsk: YAGU, 2000. – S. 127-136.
7. Murzin Yu.A. Vechnaya merzlota v doline reki Kyuchyus / Yu.A. Murzin // Priroda. – 2014. – № 2. – S. 39-44.
8. Murzin Yu.A. Podzemnye l'dy v bassejne reki Kimpiche / Yu.A. Murzin // Priroda. – 2016. – № 10. – S. 60-67.
9. Murzin Yu.A., Zhizhin V.I. Geokriologicheskie usloviya hrebta Kisilyah na uchastke peresecheniya ego rekoj Adychej // Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy severo-vostoka Rossii: Materialy V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (31 marta – 2 aprelya 2015 g). – Yakutsk: ID SVFU, 2015. – S. 299–303.
10. Murzin Yu.A. Geokriologicheskie usloviya Yanskogo ploskogor'ya // Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: Materialy VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 18-20 aprelya 2018. Tom II. – Yakutsk. Izd-vo IM SO RAN im P.I. Mel'nikova, 2018. – S. 250-253.
11. Malkova G.V. Ocenka ustojchivosti myorzlyh porod pri sovremennyh izmeneniyah klimata / G.V. Malkova, A.V. Pavlova, Yu.B. Skachkov // Kriosfera zemli. – 2011. – tom XV, № 4. – S.33-36.
12. Slagoda E.A. Mikrostroenie myorzlyh sklonovyh otlozhenij gryady Kisilyah // Denudaciya v kriolitozone. – M.: Nauka, 1991. – S. 19-29.
13. Vdovina L.G. Batagajskij «proval» – sovremennyy termokarst, razvivayushchijsya v real'nom vremeni / L. G. Vdovina // Geologicheskij vestnik YAkutii. – 2017. – № 1(16). – S. 43-50.
14. Kunickij V.V. L'distye porody i termodenudaciya v rajone posyolka Batagaj (Yanskoe ploskogor'e, Vostochnaya Sibir') / V.V. Kunickij, I.I. Syromyatnikov, L. Shirmejster i dr. // Kriosfera zemli. – 2013. – Tom XVII, № 1. – S. 56-68.
15. Sajt Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrometeorologicheskoy informacii – Mirovogo centra dannyh (VNIIGMI – MCD) // (rezhim dostupa: <http://meteo.ru/>) data obrashcheniya: 1.03.2019.
16. Kochetkov V.M. Sejsmichnost' Yakutii. – M.: Nauka, 1966. – 92 s.
17. SHibaev S.V., Koz'min B.M., Petrov A.F. i dr. Zemletryaseniya Rossii v 2013 godu. – Obninsk: GS RAN. 2015. – 224 s.

А. П. Чевычелов

Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное научное учреждение
в составе ФИЦ ЯНЦ СО РАН, г. Якутск, Россия

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В ЯКУТИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ В АСПЕКТЕ ПРОГНОЗИРУЕМОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Аннотация. Признавая огромное влияние лесных пожаров на изменение состава, свойств и режимов автоморфных почв мерзлотной области, мы предложили термин «Пирогенез», понимая под ним совокупность процессов и явлений, возникающих в природных ландшафтах под действием огня. В лесных фитоценозах Южной Якутии отмечаются большие запасы лесных горючих материалов, которые составляют 14,92-42,20 т/га, при этом на долю мхов и лишайников, а также опада, относимых к проводникам горения I группы, приходится 37-62 % от общей фитомассы. Вследствие высокой грозовой активности доля грозовых пожаров в регионе в среднем составляет 49 % от их общего числа. На основе изучения особенностей географического распространения, формирования свойств и состава пирогенно-трансформированных мерзлотных почв с полициклическим профилем Якутии выявлены их географо-генетические признаки. Показано, что в составе пирогенных погребенных гумусовых горизонтов отмечается увеличение содержания гумуса и азота, а также фракций физической глины, ила и обменных оснований Ca^{+2} и Mg^{+2} . В составе гумуса данных погребенных горизонтов отчетливо наблюдается возрастание количества гумусовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2). При этом тип гумуса данных горизонтов изменяется с фульватного до фульватно-гуматного и гуматного. В мерзлотно-таежной области Якутии, особенно в горных гумидных районах, лесные пожары оказывают негативное влияние на состояние почвенного покрова.

Ключевые слова: лесные пожары, мерзлотные почвы Якутии, состав и свойства, пирогенные трансформации.

A. P. Chevychelov

Institute of Biological Problems of Cryolithozone, Yakut Scientific Center, SB RAS, Yakutsk, Russia

FOREST FIRES IN YAKUTIA AND THEIR IMPACT ON SOIL COVER IN TERMS OF PREDICTED CLIMATE CHANGE

Abstract. Considering the significant impact of wildfires on properties, content and regime of automorphic soils of the permafrost area, we have suggested the term 'Pyrogenesis', which describes processes and events that occur in natural landscapes under the influence of fire. In the forest phytocenoses of South Yakutia also characterized by the increased amount of forest fuels (14.92-42.20 tons/ha). Mosses, lichens and litter that belong to the 1st group of fire conductors make up 37-62 % of the total phytomass. Frequent summer thunderstorms are common in the studied area. Thus, the average number of wildfires caused by lightning during summer period makes up 49 % of the total number of wildfires. Basing on the study of the patterns on geographical distribution, development of properties and composition of pyrogenically transformed cryogenic soils with a polycyclic profile in Yakutia their geographic-genetic traits were found. It was demonstrated that pyrogenic buried humus horizons were characterized by the increased content of humus and nitrogen, as well as clay fractions, silt and Ca^{+2} and Mg^{+2} exchangeable bases. In the humus composition of these buried horizons, one can clearly observe the increase in calcium-bound humic acids (HA-2). The type of humus in such horizons change from fulvatic to fulvate-humic and humatic. In the frozen taiga region of Yakutia, especially in humid mountain regions, wildfires have negative effect on soil cover.

Keywords: forest fires, frozen soils of Yakutia, composition and properties, pyrogenic transformations.

ЧЕВЫЧЕЛОВ Александр Павлович – д.б.н., г.н.с., Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное научное учреждение в составе ФИЦ ЯНЦ СО РАН.

E-mail: chev.soil@list.ru

CHEVYCHELOV Aleksandr Pavlovich – Doctor Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Biological Problems of Cryolithozone, Yakut Scientific Center, SB RAS.

E-mail: chev.soil@list.ru

Введение

Признавая огромное влияние лесных пожаров на изменение состава, свойств и режимов автоморфных почв мерзлотной области, мы предложили термин «Пирогенез», понимая под ним совокупность процессов и явлений, возникающих в природных ландшафтах под действием огня [1, 2]. При этом, приступая к изучению влияния пирогенеза на состав, свойства и эволюцию мерзлотных почв, мы полностью разделяем слова основателя Якутской школы почвоведения В.Г. Зольникова [3, с. 47] о том, что каждому процессу, протекающему в почве, в каждом данном случае нужно придавать то значение, которое он занимает в природе.

В лесном покрове Якутии, как и всего Северо-Востока России в условиях значительного сокращения лесозаготовок пирогенез стал главным фактором сукцессионных процессов в лесных сообществах. Гари пятнами и полосами разбросаны по всей лесопокрытой площади, охватывая пространства от речных долин до водоразделов [4]. Одна из самых повреждаемых огнем – территория с многолетнемерзлыми и длительно – сезонномерзлотными почвами, включая подзону северной тайги, зоны лесотундры и тундры. Эта мерзлотная область пока наименее освоена, поэтому бороться с пожарами здесь трудно, а последствия их нелегко прогнозировать [5].

Огонь в лесных районах распространения многолетней мерзлоты рассматривают как важный фактор, моделирующий поверхность и оказывающий влияние на геоморфологические процессы. Очевидно, с не меньшим основанием лесные пожары и вообще огонь следует включать в число важных факторов почвообразования, учет влияния которого обязателен при рассмотрении вопросов генезиса и географии лесных почв [6]. В связи с этим целью настоящей статьи являлось изучение природы лесных пожаров в Якутии и оценка их влияния на состояние почвенного покрова мерзлотно-таежной области.

Материалы и методы исследований

Наши исследования проводились на территории Центральной и Южной Якутии. Область исследований примерно может быть ограничена координатами 120° - 132° в.д. и 56° - 62° с.ш. (рис. 1). Исходные материалы для данной статьи получены как посредством проведения

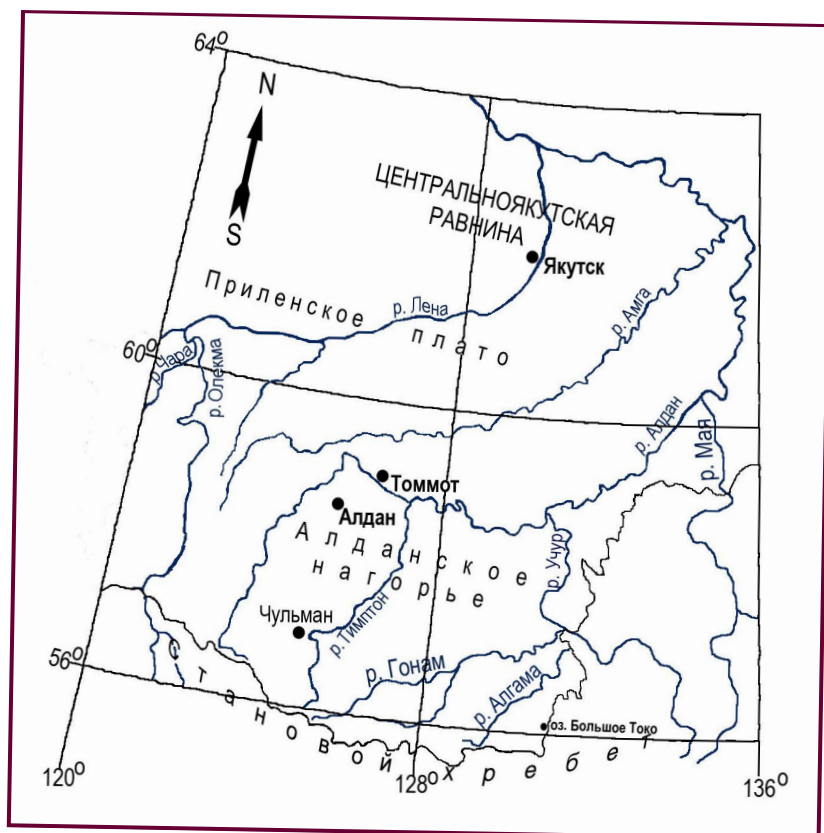


Рис. 1. Регион проведения исследований

собственных исследований, так и привлечения всех опубликованных данных, имеющихся в нашем распоряжении. Определение запасов и состава фитомассы напочвенного растительного покрова исследуемых фитоценозов выполнено в соответствии с методами изучения биологического круговорота в различных природных зонах [7]. При учете запасов лесных горючих материалов, в том числе проводников горения различных групп, были использованы рекомендации Н.П. Курбатского [8]. Оценка частоты и возраста лесных пожаров произведена по огневым поражениям на стволах деревьев, сохранившихся на горях в постпирогенный период. При определении пирогенных трансформаций мерзлотных почв использовались общепринятые в почвоведении профилно-генетический и сравнительно-аналитический методы, при этом почвенные показатели определялись по стандартным методикам [9].

Результаты и обсуждение

Как уже отмечалось, наши исследования проводились на территории Центральной и Южной Якутии. В целом Южная Якутия характеризуется преимущественно горным рельефом, тогда как Центральная Якутия – равнинным. Во всех изучаемых районах в растительном покрове преобладает среднетаежная растительность. В Южной Якутии многолетняя мерзлота имеет прерывистое, а в Центральной Якутии – сплошное распространение. Климат Центральной Якутии характеризуется недостаточным, в то время как Южной Якутии – нормальным и избыточным увлажнением.

В условиях резко континентального гумидного климата Южной Якутии отчетливо проявляется неравномерность увлажнения в сезонном и многолетнем циклах, что способствует созданию пожароопасных условий в лесных фитоценозах при достижении пожарной “спелости” напочвенных горючих материалов. При этом пожароопасные годы чередуются с частотой $\approx 15\text{--}20$ лет, пары пожароопасных лет $\approx$ раз в 33 года, годы с минимальным увлажнением $\approx$ один раз в столетие. В данном регионе пожары в лесах сухих местопроизрастаний повторяются через 10–15 лет, в средневлажных – через 60–70 лет, сырых – через 100–150 лет. В течение 110–120-летнего периода действию огня подвергается вся исследуемая территория.

Анализ огневых поражений на стволах лиственницы, проведенный в лиственничниках брусничной группы Центральной Якутии, свидетельствует о высокой частоте лесных пожаров. Примерно каждые 14–23 года леса здесь подвергаются воздействию огневого фактора [10]. При этом возобновительный цикл лиственницы на горях, скорее всего, растягивается на 2,5–3,0 ревизионных периода, то есть на 12–15 лет, замедляясь в северных районах и на крупных горях [11].

В климатическом сезонном цикле территории максимум недостатка насыщения водяного пара в июле совпадает по времени с сезонным максимумом грозовых явлений и наибольшей непрерывной продолжительностью гроз (рис. 2) следствием чего является проявление сухих гроз, не сопровождаемых выпадением атмосферных осадков. Юг Якутии характеризуется максимальной частотой грозовых явлений, составляющей 15–18 дней в году, вследствие чего основным источником лесных пожаров здесь (в 75 % случаев) являются сухие грозы. Для Якутии доля грозовых пожаров в среднем составляет $49 \pm 3,8$ %, а отношение площади грозовых пожаров к общей площади лесных пожаров $\approx 67 \pm 5$ %, изменяясь от минимального значения 10 % до максимального – 99 % [12].

В лесном покрове исследуемого региона исключительно преобладают светлохвойные леса из лиственницы Каяндера, на долю которых приходится 91 % лесопокрытой площади [13]. Интенсивность «работы» гетеротрофов, или второго трофического уровня системы, в лесах геокриогенной области значительно ослаблена как в живом, так и в детритном пищевых потоках. Вследствие этого, превышение запасов лесных подстилок над годичным опадом в часто подвергавшихся пожарам лесах Центральной Якутии достигает 4–10 кратных значений, а в давно негоревших, с менее благоприятным гидротермическим режимом, – в десятки раз. Последнее в условиях криоаридного климата исследуемой территории в засушливые периоды и в сухие сезоны определяет также высокую пожароопасность в таких лесах [14].

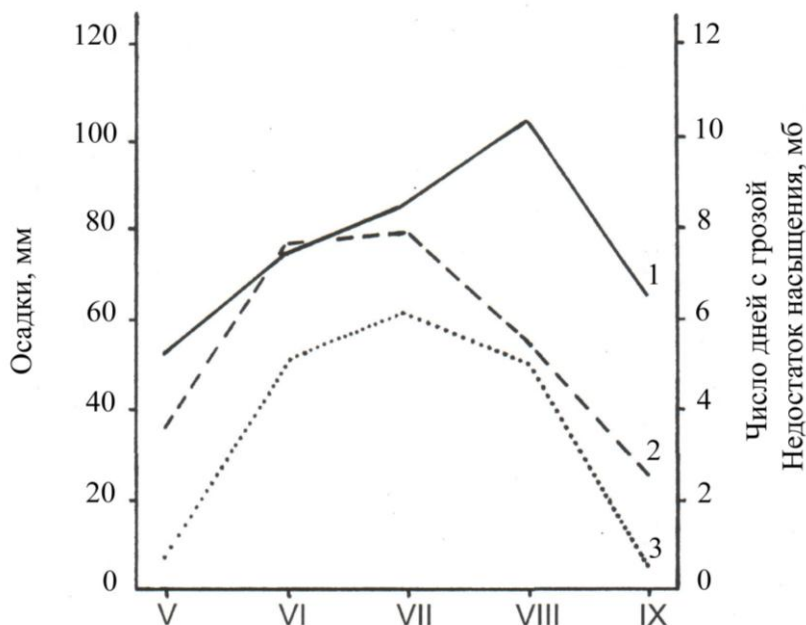


Рис. 2. Сезонный ход: осадков (1), недостатка насыщения (2) и частоты гроз (3) в Южной Якутии по данным метеостанции Алдан

Биологический круговорот в лесах Южной Якутии характеризуется, как мало- и среднепродуктивный, сильнозаторможенный, низко- и среднезольный с малой емкостью, что приводит к накоплению значительного количества горючих материалов в виде мощных лесных подстилок, сухостоя и валежа. В составе напочвенных горючих материалов весьма значима доля мхов и, в особенности, лишайников, способных достигать состояния пожарной “спелости” уже на 2-3 день после очередного дождя. При этом на долю последних и ветоши, относимых по классификации Н.П. Курбатского [8], к проводникам горения I группы, приходится 37-62 % от общей массы напочвенных горючих материалов (табл. 1).

Таблица 1

Запасы и состав проводников горения в лесах Южной Якутии (над чертой – т/га, под чертой – %)

Тип леса	Лишайники	Мхи	Ветошь	Подстилка	Всего
Сосняк бруснично-лишайниковый, 150 лет	<u>6,52</u> 44	<u>1,54</u> 10	<u>1,16</u> 8	<u>5,70</u> 38	<u>14,92</u> 100
Листвяг бруснично-лишайниковый, 140 лет	<u>9,68</u> 35	-	<u>3,16</u> 12	<u>14,50</u> 53	<u>27,34</u> 100
Сосняк с лиственницей толокнянково-лишайниковый, 165 лет	<u>1,62</u> 13	<u>0,46</u> 4	<u>2,54</u> 20	<u>7,80</u> 63	<u>12,42</u> 100
Листвяг с елью бруснично-моховой, 120 лет	<u>2,02</u> 5	<u>10,68</u> 25	<u>4,16</u> 10	<u>25,34</u> 60	<u>42,20</u> 100

За последние десятилетия среднетаежные леса Якутии претерпевают существенные нагрузки из-за частых лесных пожаров и увеличения, охватываемых пожарами территорий. Так, с 1990 по 2010 г. на всей территории республики зарегистрировано более 10 тыс. лесных пожаров на общей площади около 4,6 млн.га. За этот период ежегодно регистрировалось от 194 до 1169 возгораний на площади от 12,8 до 719,5 тыс. га. В среднем ежегодно на охраняемой территории происходило 610 лесных пожаров на площади более 310 тыс. га [15].

Постпирогенные трансформации свойств и состава мерзлотных почв показаны нами на примере изменения показателей дерново-карбонатной выщелоченной почвы, имевших место в послепожарный период (1985-1992 гг.). Данная почва сформирована на территории Южной Якутии, на абсолютной высоте 590 м, в верхней части пологого склона юго-восточной экспозиции крутизной 5-10° под листвягом с кедром зеленомошно-кустарничковым. В 1992 г., через 7 лет после прохождения сильного низового пожара, по послепожарной зачистке разреза 11-84 был описан разрез 3-92А. В его морфологическом строении отмечены существенные от допожарного состояния изменения (табл. 2), сопровождаемые уменьшением мощности почвенного профиля (М) с 60 до 39 см. В частности, горизонт лесной подстилки А0 полностью выгорел, от гумусово-аккумулятивного горизонта А осталась только поверхностная пленка более минерализованного вторичного (послепожарного) гумусового горизонта. Уменьшилась также и мощность горизонта АВ, и в целом подгумусовой части почвенного профиля. Изменились также физико-химические показатели исследованного разреза. Так, более чем на единицу сдвинулось значение рН в щелочную сторону поверхностного горизонта А, при этом одновременно почти втрое уменьшилось содержание органического вещества. В составе почвенно-поглощающего комплекса данного почвенного горизонта при общем незначительном изменении суммы обменных оснований почти в 1,5 раза уменьшилось содержание обменного кальция и в 2 раза увеличилось количество поглощенного магния [2].

Таблица 2

Изменение физико-химических свойств мерзлотной дерново-карбонатной выщелоченной почвы Южной Якутии в послепожарный период

Горизонт	Глубина, см	рНН ₂ О	Гумус, %	Обменные катионы, смоль (экв)/кг почвы		Фракции, %		СО ₂ карбонатов, %
				Ca ⁺²	Mg ⁺²	<0,001 мм	<0,01 мм	
До пожара, разрез 11-84								
A	0-9	6,1	31,5	53,5	17,8	-	-	Н.о.*
AB	9-25	6,8	5,2	26,9	17,9	38,0	65,0	-/-
Bm	25-45	7,4	2,7	24,8	15,6	44,6	81,0	0,7
BCca	45-60	7,7	1,2	-	-	41,5	77,0	2,2
После пожара, разрез 3-92 А								
A	0-2	7,3	9,4	33,4	35,7	-	-	Н.о.
AB	2-11	6,8	5,1	22,1	16,8	32,4	63,4	-/-
Bm	11-27	7,2	2,4	26,8	13,2	49,0	83,2	0,8
BCca	27-39	7,8	1,2	-	-	34,9	60,5	2,5

*Здесь и далее: Н.о. – содержание не обнаружено.

Все выше отмеченные изменения свойств данной почвы, на наш взгляд, связаны с одновременным влиянием в послепожарный период следующих процессов: 1) прямого выгорания органического вещества поверхностных горизонтов; 2) поверхностного смыва почвенного мелкозема с оголенной поверхности почвы; 3) внутрипочвенного, в том числе и надмерзлотного, выноса (криоэлювация) глинистых суспензий из переувлажненной почвы; 4) термпросадок почвенного мелкозема при разрушении и опускании уровня многолетней мерзлоты (табл. 3).

При уничтожении огнем лесного полога глубина проникания теплового потока в почву возрастает в 1,5-2 раза от исходного, что приводит к аналогичному увеличению сезонного протаивания почвогрунтов [16]. В связи с этим в мерзлотной палевой среднесуглинистой почве, развитой под лиственничником брусничным в условиях Центральной Якутии, глубина сезонноталого слоя составляла около 80 см, тогда как на свежей 2-летней гари на данной почве она возрастала уже в 1,5 раза, на 10-12-летней гари – максимально в 1,8 раза и далее незначительно

понижалась на 21-23-летней гари. При этом растительный покров здесь почти полностью восстанавливается в течение 50 лет после пожара, а уровень многолетней мерзлоты стабилизируется гораздо медленнее [17].

Таблица 3

Изменение морфологических показателей мерзлотной дерново-карбонатной выщелоченной почвы Южной Якутии в послепожарной период

Процесс	Горизонт	Потеря мощности	
		см	%
Выгорание ОВ	A	5,4	26
Поверхностный смыв мелкозема	A+AB	5,8	28
Термопросадка мелкозема	A+AB+Bm+Bca	9,8	46
Суммарно	M ₁ – M ₂	21	100

Также постпирогенные трансформации отмечались нами на примере мерзлотной палевой серой почвы Центральной Якутии, сформированной в нижней части склона местного водораздела. В послепожарный период вследствие уничтожения лесного растительного покрова, увеличения глубины сезонного протаивания мерзлотных почв, произошло интенсивное развитие экзогенных геоморфологических процессов (термоэрозия, солифлюкция, поверхностный смыв). Вследствие этого мерзлотная палевая серая почва, формирующиеся в нижней части данного склона под смешанным лиственнично-березовым кустарничково-разнотравным лесом, оказалась погребенной мощным наносом мелкозема, смытого в постпирогенный период с поверхности пирогенно-трансформированного водораздела и переотложенного в нижней части данного водораздельного склона.

Вследствие этого почва разр. 1п-12 оказалась сверху погребена слоем слабощелочного, супесчано-легкосуглинистого гравелистого и уплотненного делювия мощностью 72 см. Нижерасположенные погребенные гумусовый (гор. А) и подгумусовый (гор. АВ) горизонты первичной почвы хорошо выявляются здесь по увеличению содержания гумуса (до 6,3 %), уменьшению значений рН (до 6,0 – 6,2) (табл. 4), а также содержания частиц физической глины и ила на глубине 60–100 см данной почвы (табл. 5). Так, если в слое 0–40 см палевой серой почвы разр. 2п-12 естественного ландшафта содержание частиц физической глины составляло 23,0–29,9 %, то в данном погребенном слое на глубине 60–100 см палевой пирогенно-транс-

Таблица 4

Физико-химические свойства мерзлотных палевых серых почв

Глубина, см	рН		Гумус, %	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы			
	H ₂ O	KCl		Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺	Сумма
Палевая серая пирогенно-трансформированная, разрез 1п-12							
0-20	8,0	6,8	3,4	11,3	6,1	Н.о.*	17,4
20-40	8,2	7,4	2,9	21,2	5,3	- //-	26,5
40-60	8,0	7,3	2,9	24,6	7,8	- //-	32,4
60-80	6,0	5,5	6,3	24,5	9,8	0,3	34,6
80-100	6,2	5,5	2,1	8,7	4,4	0,2	13,3
Палевая серая, разрез 2п-12							
0-20	7,2	6,3	9,5	28,6	8,7	0,2	37,5
20-40	8,0	7,2	7,9	33,0	7,8	Н.о.	40,8
40-60	8,0	7,3	4,0	28,0	6,2	- //-	34,2
60-80	7,8	6,8	1,1	18,1	9,6	- //-	27,7
80-100	7,8	6,9	1,1	15,5	7,2	- //-	22,7

формированной почвы разр. 1п-12 только 15,1–20,6 %, то есть произошло изменение гранулометрического состава данного слоя этой почвы с легкосуглинистого до супесчаного. При этом также в данном слое почвы происходит уменьшение содержания гумуса с 7,9–9,5 % до 2,1–6,3 %, то есть снижение в среднем в 2,1 раза (см. табл. 4).

Отметим также, что если в профиле палевой серой почвы естественного ландшафта внутри-профильное отношение содержания частиц глины ($< 0,01$ мм) к илу ($< 0,001$ мм) изменяется от 2,2 до 3,0, то в палевой серой пирогенно-трансформированной таковое уже составляет 1,5–1,9, то есть снижается в среднем в 1,5 раза. Последнее обусловлено по нашему мнению вымыванием из состава мелкозема поверхностных горизонтов (гор. А + гор. АВ) почвы разр. 1п-12 в начальный период её пирогенной трансформации с поверхностным стоком частиц крупной (0,01–0,005 мм) и мелкой (0,005–0,001 мм) пыли и затем их погребением на глубину 60–100 см привнесённым слоем свежего делювия (см. табл. 5). С выносом из поверхностных горизонтов первичной почвы разр. 1п-12 в постпирогенный период с поверхностным стоком частиц средней и мелкой пыли мы также связываем и отмечаемое здесь снижение содержания гумуса.

Таблица 5

Гранулометрический состав мерзлотных палевых серых почв

Глубина, см	Удельная масса, г/см³	Количество частиц, %; размер, мм					Сумма частиц, %		Глина:ил
		1-0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001 мм	<0,01 мм	
Палевая серая пирогенно-трансформированная, разрез 1п-12									
0-20	2,62	17,9	44,5	14,8	2,8	5,3	14,7	22,8	1,5
20-40	2,62	15,6	45,0	19,4	2,4	4,9	12,7	20,0	1,6
40-60	2,61	16,6	38,3	20,3	4,0	5,9	14,9	24,8	1,7
60-80	2,42	9,2	43,3	32,4	2,9	4,3	7,9	15,1	1,9
80-100	2,62	9,7	39,8	29,9	3,6	5,3	11,7	20,6	1,8
Палевая серая, разрез 2п-12									
0-20	2,50	7,5	44,6	24,9	5,8	7,0	10,2	23,0	2,2
20-40	2,56	8,0	41,3	20,8	8,8	10,2	10,9	29,9	2,7
40-60	2,61	10,3	44,1	17,9	5,5	11,4	10,8	27,7	2,6
60-80	2,63	11,0	33,7	22,2	9,3	12,8	11,0	33,1	3,0
80-100	2,64	10,4	38,6	18,8	5,9	13,0	13,3	32,2	2,4

При пирогенной трансформации мерзлотных почв Центральной и Южной Якутии нами также наблюдалось образование почв с полициклическим профилем сложного строения, включающего в своем составе 2-3 погребённых деградированных пирогенных гумусовых горизонта с обильным включением черных древесных углей. Подобная мерзлотная палевая серая пирогенно-трансформированная почва (разрез 2Ч-14) была описана нами в окрестностях г. Якутск, в нижней части склона коренного берега р. Лена, на делювиальном шлейфе, на поляне в смешанном березово-сосновом лесу разнотравно-злаковым и имела следующее морфологическое строение почвенного профиля: Ad(0-2) – A(2-17) – BC(17-31) – [ABC](31-40) – [A](40-50) – [BC](50-70) – [ABC](70-130) – C(130-160 см).

Значения актуальной почвенной кислотности данной почвы изменяются сверху-вниз от нейтральных до слабощелочных. Внутрипрофильное распределение гумуса, азота и обменных оснований Ca^{+2} и Mg^{+2} (табл. 6), а также фракций физической глины и ила (табл. 7) также однозначно указывает на слоистость ее состава [18].

При этом увеличение содержания гумуса в современном и погребённых гумусовых горизонтах сопровождается синхронным возрастанием здесь количества азота и обменных оснований Ca^{+2} и Mg^{+2} и указывает на то, что эта тенденция носит биогенный характер, то есть является следствием педогенеза данной почвы. Во всех 3 погребённых почвенных профилях [A-BC] по сравнению с современным A-BC и почвообразующей породой С также происходит расширение отношения C:N, это вероятно указывает, что в процессе пиролиза почвенного органического

Таблица 6

Химические свойства и физико-химические показатели почвы

Горизонт	Глубина, см	pH водн.	Гумус, %	Азот, %	C:N	Обменные катионы мг-экв/100 г почвы		
						Ca ⁺²	Mg ⁺²	Сумма
Палевая серая, разрез 2Ч-14								
A	4-14	6,7	5,6	0,28	20	23,4	7,4	30,8
BC	18-28	6,7	0,6	0,04	15	8,4	1,4	9,8
[A]	31-40	7,2	3,1	0,12	26	20,8	6,9	27,7
[BC]	31-40	7,5	0,8	0,03	27	8,2	2,7	10,9
[A]	40-50	7,5	3,2	0,13	25	20,5	4,7	25,2
[BC]	55-65	7,9	0,5	0,02	25	7,9	1,4	9,3
[A]	70-130	7,8	5,5	0,26	21	30,5	6,6	37,1
[BC]	70-130	8,3	0,8	0,03	27	10,9	2,2	13,1
C	140-150	8,3	0,1	0,02	5	9,2	1,3	10,5

вещества (ПОВ) газообразные потери N происходят в большей степени, чем C, вследствие чего пирогенные горизонты почв относительно обедняются N.

Гранулометрический состав мелкозема исследуемой почвы песчано-супесчаный (табл. 7). При этом современный и погребенные горизонты BC характеризуются более легким песчаным составом, тогда как гумусовые горизонты A, как правило – супесчаным. Мы уже отмечали, что повышение содержания гумуса в горизонтах A исследуемой почвы сопровождается синхронным возрастанием в них количества мелкодисперсных фракций физической глины и ила. Вместе с тем с ростом содержания гумуса в данных погребенных горизонтах также одновременно происходит увеличение общего количества фракций крупной (0,05-0,01 мм) и средней (0,01-0,005 мм) пыли. Последнее вероятно обусловлено тем, что в состав данных гранулометрических фракций почвенного мелкозема частично входят мелкие древние угольки, которые в пирогенно-трансформированных почвах также составляют часть ПОВ.

Таблица 7

Гранулометрический состав почвы

Горизонт	Глубина, см	Количество частиц, % диаметром в мм					Сумма частиц, %	
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	< 0,001 мм	< 0,01 мм
Палевая серая, разр. 2Ч-14								
Ad	0-2	43,4	41,7	9,1	0,2	1,0	4,6	5,8
A	4-14	34,4	44,7	12,5	0,5	1,2	6,7	8,4
BC	18-28	42,3	49,7	1,7	0,5	1,6	4,2	6,3
[A]	31-40	36,2	45,1	8,4	1,9	1,5	6,9	10,3
[BC]	31-40	47,4	42,8	3,4	0,5	1,4	4,5	6,4
[A]	40-50	27,3	52,3	7,5	1,5	3,3	8,1	12,9
[BC]	55-65	32,9	56,1	3,5	0,5	1,0	6,0	7,5
[A]	70-130	29,6	45,5	8,8	3,6	2,9	9,6	16,1
[BC]	70-130	33,2	52,2	5,1	0,9	1,9	6,7	9,5
C	140-150	19,8	70,0	2,6	0,3	1,3	6,0	7,6

Изучение фракционно-группового состава гумуса данной палевой серой почвы позволяет утверждать, что тип гумуса современного и погребенных горизонтов BC, а также C определяется как фульватный (Сг.к.:Сф.к. = 0,3-0,5), в то время как таковой гумусовых горизонтов A – как фульватно-гуматный и гуматный. Причем рост значений отношения Сг.к.:Сф.к. в данных горизонтах сопровождается, как правило, одновременным увеличением содержания фракций ГК-1 и, главным образом, ГК-2, то есть гуминовых кислот, связанных с Ca (табл. 8).

Таблица 8

Состав гумуса, % к общему С почвы

Гори- зонт	Глуби- на, см	Гуминовые кислоты (ГК)				Фульвокислоты (ФК)					НО*	Сг.к. Сф.к.
		ГК-1	ГК-2	ГК-3	Сумма	ФК-1а	ФК-1	ФК-2	ФК-3	Сумма		
Палевая серая, разр. 2Ч-14												
Ad	0-2	9,8	10,3	9,7	29,8	3,0	11,0	8,1	5,8	27,9	42,3	1,1
A	4-14	14,0	26,1	9,7	49,8	3,6	5,8	5,5	3,9	18,8	31,4	2,6
BC	18-28	7,9	5,3	0	13,2	7,9	5,3	10,5	15,8	39,5	47,3	0,3
[A]	31-40	15,4	34,1	9,3	58,8	7,1	8,2	9,3	6,0	30,6	10,6	1,9
[BC]	31-40	12,2	10,2	0	22,4	12,2	6,1	10,2	12,2	40,7	36,9	0,5
[A]	40-50	9,1	28,5	8,1	45,7	7,5	2,7	5,9	1,6	17,7	36,6	2,6
[BC]	55-65	7,4	11,1	0	18,5	14,8	0	14,8	18,5	48,1	33,4	0,4
[A]	70-130	13,4	33,9	5,6	52,9	8,1	3,4	7,2	1,9	20,6	26,5	2,6
[BC]	70-130	11,5	3,2	7,3	22,0	20,1	3,9	14,7	23,3	62,0	16,0	0,3
C	140-150	0	20,0	0	20,0	20,0	0	36,0	12,0	68,0	12,0	0,3

*Н.о. – негидролизующий остаток.

Это обстоятельство обусловлено педогенной природой гумусообразования в палевых серых почвах в ландшафтно-климатических условиях центральной Якутии, когда палевые серые почвы рассматриваются в зональном аспекте как переходный подтип от мерзлотных черноземов к мерзлотным палевым почвам [19].

Вопросам влияния изменения климата на лесные пожары посвящен целый ряд исследований [20-24]. В этих работах, как правило, показано увеличение числа пожаров на территории России, США и Канады, вызванное потеплением климата. В этом случае при прогнозировании количественных оценок влияния потепления климата на лесные пожары используются принципы моделирования, то есть построения моделей GGC, ECH, GFD, CSM, HAD, CSI и других на основе ранее установленных зависимостей между показателями, характеризующими пожароопасную обстановку, частоту, продолжительность и масштабность лесных пожаров в регионах с различной ландшафтно-климатической обстановкой. При этом отмечается, что определенные преимущества при проведении подобных оценок дает по сравнению с использованием данных каждой отдельной модели использование данных, полученных по ансамблю моделей

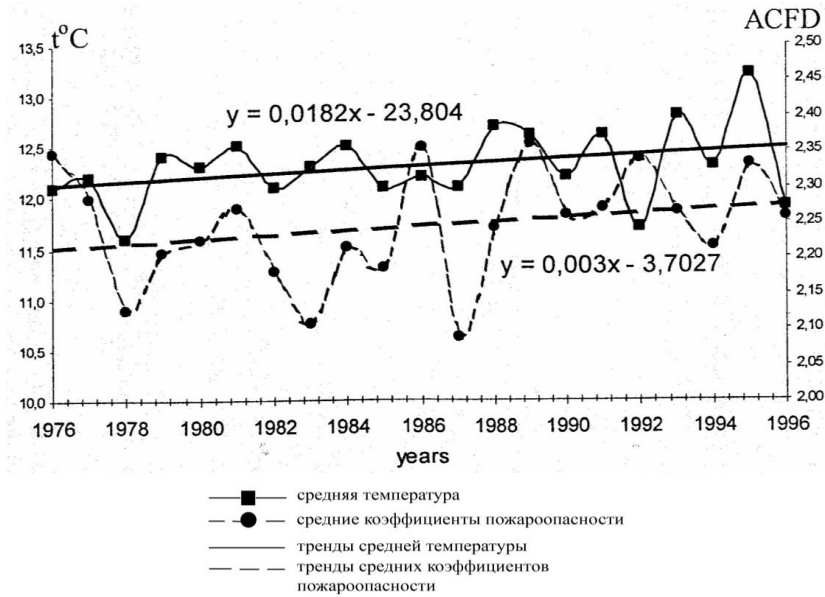


Рис. 3. Ежегодные изменения средней температуры вегетационного периода и средних коэффициентов пожароопасности

[21]. Примером таких зависимостей может служить линейная зависимость, установленная между длительностью пожароопасных сезонов (y) и продолжительностью вегетационных периодов (x), полученная для 8 широтных поясов ($40-72^\circ$), по формуле: $y=1,0902x-18,928$ при $R^2=0,9551$. Другим примером таких зависимостей также является зависимость, установленная между ежегодным изменением средней температуры вегетационного периода (t) и средних коэффициентов пожароопасности (ACDF) в период 1976-1996 гг. (рис. 3) [20].

В России в 1985-2004 гг. увеличилось в целом как общее количество лесных пожаров, так и лесная площадь, пройденная пожарами (рис. 4) [25].

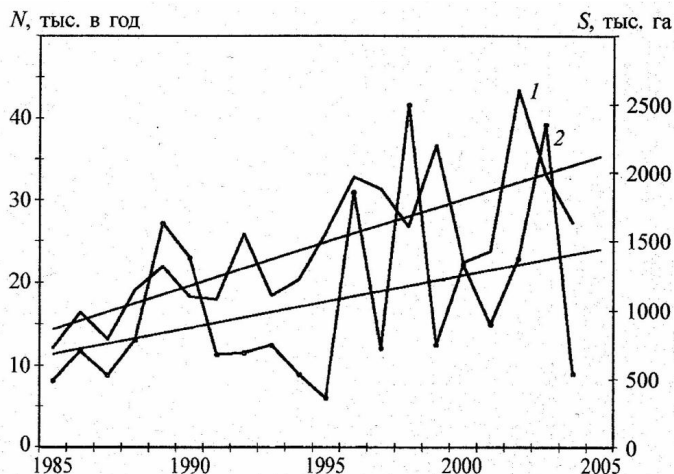


Рис. 4. Число лесных пожаров в России N (1) и лесная площадь S (2), пройденная пожарами в 1985-2004 гг. [26]. Прямые линии – линейные тренды

Существенные различия в сценариях изменения климата по модели общей циркуляции атмосферы GDFL и палеоаналоговой модели М.И. Будыко приводят к значительной разнице в оценках соответствующих им длительностей пожароопасных сезонов (ДПС). Поэтому мы определяли прогнозы влияния климатических изменений на лесные пожары в России по модели GDFL, которая показывает более высокие оценки, то есть по сути максимальные при глобальном повышении температуры воздуха на 1°C . По этому сценарию в северных районах страны продолжительность пожароопасного сезона увеличится на 30-50 дней, в средних широтах – на 50-60 дней и в южных районах – на 60-70 дней. При этом доминирующее влияние на рост числа и площади лесных пожаров в России будет оказывать увеличение ДПС в средних широтных поясах ($52-62^\circ$ с.ш.).

Рассматриваемый сценарий изменения климата предполагает увеличение молниевых разрядов между широтами 50° с.ш. и 70° с.ш. от 30 до 40 %, без деления их по типам «облако-земля» или «облако-облако». При этом будет отмечаться рост общего числа лесных пожаров в России на 3,6-4,8 %, а лесных пожаров от гроз с 12,1 до 16,9 %. Для европейской части страны число таких пожаров возрастет с 5,0 % до 7,0 %, а в ее азиатской части – с 19,0 % до 26,6 %. Увеличение количества грозových пожаров на 30-40 % приведет к росту доли пожаров от молний в общей охватываемой огнем площади до 52-56 %, отмечаемых для периода 1987-2000 гг.

Указанное выше увеличение длительности пожароопасных сезонов по широтным поясам за счет повышения температуры воздуха, без учета изменения их суровости, может сопровождаться ростом числа и площади лесных пожаров в России на 30-40 %. Активизация грозовой деятельности в бореальной зоне может привести к увеличению общего числа лесных пожаров в стране на 3,6-4,8 % и размеров охватываемой площади на 12-16 %. Площадь пожаров от гроз достигнет при этом 52-56 % общей площади лесных пожаров на активно охраняемой территории Российской Федерации. В целом увеличение длительности и суровости (напряженности) пожароопасных сезонов, активизация грозовой деятельности в рамках рассмотренных сценариев изменения климата могут привести в 21 веке к росту числа и площади лесных пожаров в России в 1,5-2,0 раза [20].

Влияние прогнозируемых изменений климата на лесные пожары в глобальном аспекте можно определить согласно климатической модели ИФА РАН [27]. Согласно данной модели средняя по ансамблю глобальная площадь выгорания из-за природных пожаров увеличится с $2,1 \text{ млн. км}^2 \text{ год}^{-1}$ до $2,4\text{--}3,2 \text{ млн. км}^2 \text{ год}^{-1}$, а годовые глобальные эмиссии углекислого газа в атмосферу из-за природных пожаров возрастут с $1,4 \text{ ПгС/год}$ до $1,6\text{--}2,7 \text{ ПгС/год}$ соответственно. Основной вклад в изменение глобальных значений площади природных пожаров и соответствующих эмиссий CO_2 в атмосферу в XXI веке вносят регионы средних и субполярных широт Евразии и Северной Америки. Для бореальной Евразии ежегодная площадь выгорания из-за природных пожаров в XXI веке в среднем по ансамблю изменяется с $0,2 \text{ млн км}^2 \text{ год}^{-1}$ до $0,3\text{--}1,0 \text{ млн км}^2 \text{ год}^{-1}$, а соответствующие эмиссии углекислого газа в атмосферу с $0,07 \text{ ПгС}$ до $0,14\text{--}0,39 \text{ ПгС/год}$. Интенсификация эмиссии CO_2 в атмосферу из-за природных пожаров связана как с климатическими изменениями (прежде всего с удлинением сезона с природными пожарами), так и с увеличением запаса углерода в наземной растительности [27].

Таким образом, отмечаемое и прогнозируемое потепление климата как на глобальном, так и на региональном уровнях однозначно приведет к увеличению количества лесных пожаров и площади выгорания в 21 веке по разным оценкам в $1,5\text{--}5$ раз. Это обстоятельство необходимо обязательно учитывать при организации и проведении почвенных исследований, особенно в мерзлотно-таежной области криолитозоны.

Заключение

Леса Якутии, формирующиеся на мерзлотных почвах, характеризуются высокой горимостью, так как в них отмечаются большие запасы лесных горючих материалов ($14,92\text{--}42,20 \text{ т/га}$). На долю мхов и лишайников, а также опада, относимых к проводникам горения I группы, приходится $33\text{--}57 \%$ от общей массы лесных горючих материалов. Для Якутии доля грозových пожаров в среднем составляет $49 \pm 3,8 \%$, а отношение площади грозových пожаров к общей площади лесных пожаров $\approx 67 \pm 5 \%$. В данном регионе пожары в лесах сухих местопроизрастаний повторяются через $10\text{--}15$ лет, в средневлажных – через $60\text{--}70$ лет, сырых – через $100\text{--}150$ лет. В течение $110\text{--}120$ летнего периода действию огня подвергается вся исследуемая территория.

Основное число лесных пожаров на территории Якутии классифицируется как устойчивые низовые или подстильно-гумусовые. В результате воздействия огня происходит полное уничтожение напочвенного покрова, полностью или частично выгорают поверхностные органо-генные горизонты, и, как следствие, резко изменяется гидротермический режим почв.

Итоговые результаты исследований послепожарных изменений свойств мерзлотной дерново-карбонатной выщелоченной почвы Южной Якутии показали, что суммарное послепожарное уменьшение (на 21 см) мелкоземистой мощности данной почвы обусловлено в большей мере термопросадкой (46% от общей потери мощности) почвенного мелкозема и в меньшей мере – его поверхностным смывом (28%) и выгоранием (минерализацией) органо-генной части почвенного профиля (26%).

Сравнительный анализ результатов собственных наблюдений и литературных данных показал, что одновременно с активизацией геоморфологических процессов (термоэрозия, солифлюкция, поверхностный смыв), вызванных лесными пожарами, в мерзлотных ландшафтах наступает перерыв в почвообразовании. Этот процесс впоследствии продолжается на новом чехле делювиальных отложений и приводит к формированию автоморфных почв с полициклическим профилем, вмещающим один, два, а иногда и три погребенных деградированных послепожарных гумусовых горизонта с включениями черных древесных углей. Слоистость состава почвенных профилей исследованных почв и наличие в них погребенных послепожарных гумусовых горизонтов хорошо просматривается также по ряду других почвенных показателей и, прежде всего, по содержанию гумуса, погребенного органического вещества, валового N и по слоистости их гранулометрического состава.

В условиях гумидных горно-таежных ландшафтов и маломощных зональных почв смыв мелкозема в постпирогенный период может привести к полной утрате почвенного профиля и выходу на поверхность горных пород. В мерзлотной области Якутии, особенно в горных районах, лесные пожары оказывают негативное влияние на состояние почвенного покрова.

Литература

1. Чевычелов А.П. Пирогенез и горно-таежное континентальное гумидное почвообразование на Северо-Востоке Азии (на примере Южной Якутии). – Новосибирск: СО РАН, 1997. – 34 с.
2. Чевычелов А.П. Пирогенез и постпирогенные трансформации свойств и состава мерзлотных почв / А.П. Чевычелов // Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 3. – С. 273-277.
3. Зольников В.Г. Почвы и природные зоны земли. – Л.: Наука, 1970. – 338 с.
4. Тихменев Е.А. Роль пирогенного фактора в формировании лесного покрова побережья Тайской губы (Охотское море) / Е.А. Тихменев, А.А. Пугачев, П.Е. Тихменев // Вестник Северо-Восточного государственного университета. – 2009. – том 11, № 11. – С. 85-91.
5. Сапожников А.П. Современные отечественные и зарубежные тенденции изучения пирогенеза почв мерзлотной зоны / А.П. Сапожников // География и природные ресурсы. – 1982. – № 1. – С. 88-94.
6. Арефьева З.Н. Динамика аммиачного и нитратного азота в лесных почвах Зауралья при высоких и низких температурах / З.Н. Арефьева, Б.П. Колесников // Почвоведение. – 1964. – № 3. – С. 30-46.
7. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах / Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова, В.В. Смирнов, Л.Е. Родин, Н.Т. Нечаева, Ф.И. Левин. – М.: Изд-во «Мысль», 1978. – 183 с.
8. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск, 1970. – С. 5-59.
9. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
10. Исаев А.П. Естественная и антропогенная динамика лиственных лесов криолитозоны (на примере Якутии): автореф. дис. ... д.б.н.: 03.02.08 – Якутск: ИБПК СО РАН, 2011. – 51 с.
11. Уткин А.И. Леса Республики Саха (Якутия) – феномен таежного пояса северной Евразии / А.И. Уткин // Хвойные бореальные зоны. – 2006. – том XXIII, № 3. – С. 7-14.
12. Козлов В.И. Лесные пожары в Якутии от гроз / В.И. Козлов, В.А. Муллаяров, В.С. Соловьев // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. – 2009. – том 6, № 2. – С. 388-393.
13. Тимофеев П.А. Леса Якутии: состав, ресурсы, использование и охрана. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 194 с.
14. Уткин А.И. Лесные биогеоценозы геокриогенной области как специфические системы / А.И. Уткин // Экология. – 1976. – № 3. – С. 15-22.
15. Протопопова В.В. Местная шкала пожарной опасности лесов по условиям погоды для Центральной Якутии / В.В. Протопопова // Наука и образование. – 2011. – № 2. – С. 74-77.
16. Тарабукина В.Г., Саввинов Д.Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 120 с.
17. Лыткина Л.П. Лесовосстановление на гарях Лено-Амгинского междуречья: Центральная Якутия. – Новосибирск: Наука, 2010. – 118 с.
18. Чевычелов А.П. Пирогенные трансформации свойств и состава мерзлотной палеовой серой почвы Центральной Якутии / А.П. Чевычелов // Наука и образование. – 2016. – № 1. – С. 95-100.
19. Коноровский А.К. Зональность и мерзлотность почв Якутии. – Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1990. – 44 с.
20. Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России // Климатические изменения: взгляд из России. – М.: ТЕИС, 2003. – 416 с.
21. Малевский-Малевиц С.П. К оценке изменений пожароопасной обстановки в лесах России при ожидаемом потеплении климата в XXI веке / С.П. Малевский-Малевиц, Е.К. Молькентин, Е.Д. Надежина, О.Б. Шкляревич // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 3. – С. 36-44.
22. Flannigan M.D., Van Wagner C.E. Climate change and wild fire in Canada // Can. J. Forest Rec. 1991. Vol. 21. P. 66-72.
23. Torn M.S., Fried J.S. Predicting the impact of global warming on wildland fire // Climatic change. 1992. Vol. 21. P. 257-274.
24. Kasishke E.S., Christensen N.L.Jr., Stocks B.J. Fire, global warming and the carbon balance of boreal forests // Ecol. Appl. 1995. Vol. 5. P. 437-451.
25. Шерстюков Б.Г., Шерстюков А.Б. Климатические условия потенциальной горимости леса в России в XX и XXI веках // Труды ВНИ-ИГМИ-МЦД, 2007. – С. 137-151.
26. Думнов А.Д., Максимов Ю.И. Рошупкина Ю.В., Аксенова О.А. Лесные пожары в Российской Федерации (статистический справочник) / Под ред. А.Д. Думнова, Н.Г. Рыбальского. – М.: НИИ-Природа, 2005. – 229 с.
27. Елисеев А.В., Мохов И.И., Аржанов М.М. Климатические изменения XX-XXIII веков в Евразии при сценариях антропогенных воздействий RCP по расчетам с моделью ИФА РАН // Десятое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: Тез. рос. конф. – Томск: Изд-во Агроф-Пресс, 2013. – С. 50-51.

References

1. Chevychelov A.P. Pirogenез i gorno-taezhnoe kontinental'noe gumidnoe pochvoobrazovanie na Severo-Vostoke Azii (na primere Yuzhnoj Yakutii). – Novosibirsk: SO RAN, 1997. – 34 s.
2. Chevychelov A.P. Pirogenез i postpirogennyye transformacii svojstv i sostava merzlotnyh pochv / A.P. Chevychelov // Sibirskij ehkologicheskij zhurnal. – 2002. – № 3. – S. 273-277.
3. Zol'nikov V.G. Pochvy i prirodnye zony zemli. – L.: Nauka, 1970. – 338 s.
4. Tihmenev E.A. Rol' pirogennogo faktora v formirovanii lesnogo pokrova poberezh'ya Tajskoj guby (Ohotskoe more) / E.A. Tihmenev, A.A. Pugachev, P.E. Tihmenev // Vestnik Severo-Vostochnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2009. – tom 11, № 11. – S. 85-91.
5. Sapozhnikov A.P. Sovremennyye otechestvennyye i zarubezhnyye tendencii izucheniya pirogeneza pochv merzlotnoj zony / A.P. Sapozhnikov // Geografiya i prirodnye resursy. – 1982. – № 1. – S. 88-94.
6. Aref'eva Z.N. Dinamika ammiachnogo i nitratnogo azota v lesnyh pochvah Zaural'ya pri vysokih i nizkih temperaturah / Z.N. Aref'eva, B.P. Kolesnikov // Pochvovedenie. – 1964. – № 3. – S. 30-46.
7. Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnyh prirodnih zonah / N.I. Bazilevich, A.A. Titlyanova, V.V. Smirnov, L.E. Rodin, N.T. Nechaeva, F.I. Levin. – M.: Izd-vo «Mysl'», 1978. – 183 s.
8. Kupbatskij H.P. Issledovanie kolichestva i svojstv lesnyh gopyuchih materialov // Voprosy lesnoj pipologii. – Krasnoyarsk, 1970. – S. 5-59.
9. Vorob'eva L.A. Himicheskij analiz pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1998. – 272 s.
10. Isaev A.P. Estestvennaya i antropogennaya dinamika listvennichnyh lesov kriolitozony (na primere Yakutii): avtoref. dis. ... d.b.n.: 03.02.08 – Yakutsk: IBPK SO RAN, 2011. – 51 s.
11. Utkin A.I. Lesa Respubliki Saha (Yakutiya) – fenomen taezhnogo poyasa severnoj Evrazii / A.I. Utkin // Hvojnye boreal'nye zony. – 2006. – tom XXIII, № 3. – S. 7-14.
12. Kozlov V.I. Lesnye pozhary v Yakutii ot groz / V.I. Kozlov, V.A. Mullayarov, V.S. Solov'ev // Sovremennyye problemy distancionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa. – 2009. – tom 6, № 2. – S. 388-393.
13. Timofeev P.A. Lesa Yakutii: sostav, resursy, ispol'zovanie i ohrana. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2003. – 194 s.
14. Utkin A.I. Lesnye biogeocenozy geokriogennoj oblasti kak specificheskie sistemy / A.I. Utkin // Ehkologiya. – 1976. – № 3. – S. 15-22.
15. Protopopova V.V. Mestnaya shkala pozharnoj opasnosti lesov po usloviyam pogody dlya Central'noj Yakutii / V.V. Protopopova // Nauka i obrazovanie. – 2011. – № 2. – S. 74-77.
16. Tarabukina V.G., Savvinov D.D. Vliyanie pozharov na merzlotnye pochvy. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1990. – 120 s.
17. Lytkina L.P. Lesovosstanovlenie na garyah Leno-Amginskogo mezhdurech'ya: Central'naya Yakutiya. – Novosibirsk: Nauka, 2010. – 118 s.
18. Chevychelov A.P. Pirogennyye transformacii svojstv i sostava merzlotnoj palevoj seroj pochvy Central'noj Yakutii / A.P. Chevychelov // Nauka i obrazovanie. – 2016. – № 1. – S. 95-100.
19. Konorovskij A.K. Zonal'nost' i merzlotnost' pochv Yakutii. – Yakutsk: YANC SO AN SSSR, 1990. – 44 s.
20. Korovin G.N., Zukert N.V. Vliyanie klimaticheskikh izmenenij na lesnye pozhary v Rossii // Klimaticheskie izmeneniya: vzglyad iz Rossii. – M.: TEIS, 2003. – 416 s.
21. Malevskij-Malevich S.P. K ocenke izmenenij pozharoopasnoj obstanovki v lesah Rossii pri ozhidaemom potepnenii klimata v XXI veke / S.P. Malevskij-Malevich, E.K. Mol'kentin, E.D. Nadezhina, O.B. Shklyarevich // Meteorologiya i gidrologiya. – 2005. – № 3. – S. 36-44.
22. Flannigan M.D., Van Wagner C.E. Climate change and wild fire in Canada // Can. J. Forest Rec. 1991. Vol. 21. P. 66-72.
23. Torn M.S., Fried J.S. Predicting the impact of global warming on wildland fire // Climatic change. 1992. Vol. 21. P. 257-274.
24. Kasishke E.S., Christensen N.L.Jr., Stocks B.J. Fire, global warming and the carbon balance of boreal forests // Ecol. Appl. 1995. Vol. 5. P. 437-451.
25. Sherstyukov B.G., Sherstyukov A.B. Klimaticheskie usloviya potencial'noj gorimosti lesa v Rossii v XX i XXI vekah // Trudy VNI-IGMI-MCD, 2007. – S. 137-151.
26. Dumnov A.D., Maksimov Yu.I. Roshchupkina Yu.V., Aksenova O.A. Lesnye pozhary v Rossijskoj Federacii (statisticheskij spravochnik) / Pod red. A.D. Dumnova, N.G. Rybal'skogo. – M.: NIA-Priroda, 2005. – 229 s.
27. Eliseev A.V., Mohov I.I., Arzhanov M.M. Klimaticheskie izmeneniya XX-XXIII vekov v Evrazii pri scenariyah antropogennyh vozdeystvij RCP po raschetam s model'yu IFA RAN // Desyatye sibirskoe soveshchanie po klimato-ehkologicheskomu monitoringu: Tez. ros. konf. – Tomsk: Izd-vo Agrof-Press, 2013. – S. 50-51.

— ПАЛЕОНТОЛОГИЯ —

DOI 10.25587/SVFU.2019.13.27558

УДК 569.3 (57.02)

*И. В. Пономарев, Г. Г. Боевский*¹ СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия² Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОГО ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА С РЕКИ БУОТАМЫ И ПРИЛЕЖАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ (ПРИРОДНЫЙ ПАРК «ЛЕНСКИЕ СТОЛБЫ»)**

Аннотация. В данной статье приводятся результаты исследования нового палеонтологического материала, собранного в ходе полевых работ в 2014 г., полевой летней школы «Ленские столбы» 2018-го года. Кроме того, определены и исследованы костные остатки млекопитающих мамонтовой фауны, хранящиеся в музее пос. Качикатцы, а также, найденные летом 2016 г. школьниками Октемского лицея. Приведены описания наиболее ценных костных остатков, их метрические и неметрические особенности. В результате исследования новых находок остатков млекопитающих мамонтовой фауны нами определено присутствие на территории бассейна реки Буотамы и прилегающих территорий мамонта, шерстистого носорога, ленской лошади, благородного оленя, лося, бизона и снежного барана. Присутствие пещерного льва в этом регионе достоверно установлено впервые. Остатки хищников встречаются гораздо реже, чем остатки более многочисленных растительноядных животных, что обусловлено правилом экологической пирамиды Элтона. В связи с этим находка фрагмента черепа пещерного льва на Буотаме является исключительно редкой. Новые находки остатков млекопитающих мамонтовой фауны дополняют сведения о видовом составе и распространении мамонтовой фауны на современной территории природного парка «Ленские столбы». Местонахождения мамонтовой фауны на этой особо охраняемой природной территории должны быть включены в перечень природных памятников.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, мамонтовая фауна, млекопитающие, река Буотамы, Ленские столбы, Якутия.

*I. V. Ponomarev¹, G. G. Boeskorov²*¹ M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia² Institute of Geology of Diamond and Precious Metals, SB RAS, Yakutsk, Russia**RESULTS OF THE STUDY OF A NEW PALEONTOLOGICAL MATERIAL FROM THE BUOTAMA RIVER AND ADJACENT TERRITORIES (LENA PILLARS NATURE PARK)**

Abstract. This article presents the results of a study of new paleontological material collected during field work in 2014, the field summer school “Lena Pillars” of 2018. In addition, the bone remains of mammals of

¹ ПОНОМАРЕВ Иван Васильевич – аспирант, ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: ivan.ponomar93@gmail.com

PONOMAREV Ivan Vasilievich – post-graduate student, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University

E-mail: ivan.ponomar93@gmail.com

² БОЕСКОРОВ Геннадий Гаврилович – д.б.н., г.н.с., Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

E-mail: gboeskorov@mail.ru

BOESKOROV Gennady Gavrilovich – Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Geology of Diamond and Precious Metals, SB RAS.

E-mail: gboeskorov@mail.ru

the mammoth fauna, which are stored in the museum of Kachikattsy village, as well as, found in the summer of 2016 by students of the Oktemsky Lyceum. The descriptions of the most valuable bone residues, their metric and nonmetric features are given. As a result of studying the remains of mammals of the mammoth fauna, we determined the presence of the mammoth, woolly rhinoceros, Lena horse, red deer, moose, bison and bighorn sheep in the basin of the Buotama River and the adjacent territories. The presence of a cave lion in this region was reliably established for the first time. The remains of predators are much less common than the remains of more numerous herbivorous animals, due to the rule of the Elton ecological pyramid. In this regard, the finding of a fragment of the skull of a cave lion at Buotama is extremely rare. New finds of the remains of mammals of the mammoth fauna complement the information on the species composition and distribution of the mammoth fauna in the modern territory of the Lena Pillars Nature Park. The locations of the mammoth fauna in this protected natural area should be included in the list of natural monuments.

Keywords: Late Pleistocene, mammoth fauna, mammals, Buotama River, Lena Pillars, Yakutia.

Введение

В среднем течении р. Лена, в районе природного парка «Ленские Столбы» и прилегающих территорий, в разное время были обнаружены остатки ископаемых млекопитающих мамонтовой фауны. В районе устья р. Буотама находили кости мамонта *Mammuthus primigenius* Blum., шерстистого носорога *Coelodonta antiquitatis* Blum., ленской лошади *Equus lenensis* Russ., первобытного бизона *Bison priscus* Boj., снежного барана *Ovis nivicola* Esch., лося *Alces* sp., северного оленя *Rangifer tarandus* L. [1, 2]. На Диринг-Юряхском обнажении, расположенном у устья одноименного ручья, имеются верхнечетвертичные отложения, в них были найдены остатки *E. lenensis*, *B. priscus* Boj., *Alces* sp. [1, 3]. На острове Улахан-Ары, расположенном на р. Лена близ устья р. Буотама в 1980-х годах сотрудниками института геологии ЯФ СОАН СССР были найдены остатки мамонта, ленской лошади, бизона, снежного барана, северного оленя и благородного оленя *Cervus elaphus* L. [2].

Значительные сборы костных остатков ископаемых животных произвели участники летней экологической экспедиции «Элэйаада» Ойской средней школы (Хангаласский район, пос. Немюгинцы) под руководством чл.-корр. РАН Н.Г. Соломонова и зам. директора школы П.Р. Ноговицына начиная с 1995 г. вплоть до настоящего времени. За 20 лет экспедиционных работ обнаружены местонахождения мамонтовой фауны на карьере Куталаах, в устье р. Буотама, на ручьях Часовня, Лабыйа и Куранах, в местностях Батамайы, Куох Хайа и Санга-Сайылык; собрано несколько сотен костных остатков млекопитающих мамонтовой фауны, хранящихся в настоящее время в музее Ойской средней школы и в геологическом музее института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (ИГАБМ СО РАН) [2]. В 2012 г. и в 2014 г. в устье р. Буотама поиском и изучением остатков млекопитающих мамонтовой фауны занимались экспедиционные отряды АН РС (Я) и ИГАБМ СО РАН. Остатки животных мамонтовой фауны собираются местными жителями, участниками различных экспедиций и зачастую передаются в местные поселковые музеи без научного определения и исследования. В то же время и среди этих случайных сборов могут быть предметы, представляющие несомненный интерес для палеонтологии.

Материал и методы

Полевые сборы по изучению фаун четвертичных млекопитающих проводились нами в июле 2014 г. в устье и низовьях р. Буотамы. При этом нами найдено 3 костных остатков млекопитающих мамонтовой фауны, столько же остатков передано нам местными жителями. Нами также изучен фрагмент черепа пещерного льва, найденный сотрудниками бизонария в 2014 г. В июле 2018 г. первый автор данного сообщения во время полевой летней школы на территории Хангаласского района исследовал ручьи Змеиный, Едйай, Куруннах, Лабыйа, Ой-Муран, впадающие в р. Лену на наличие костных остатков плейстоценовой и голоценовой фаун. Сбор костного материала проводился маршрутно-поисковым методом, принятым в палеонтологии. Собрано 6 костных остатков млекопитающих плейстоцена и голоцена. При измерении костей использовалась схема промеров, приведенным П.А. Лазаревым [4].

Нами также определены и исследованы костные остатки млекопитающих мамонтовой фауны, хранящиеся в музее пос. Качикатцы, а также, найденные летом 2016 г. школьниками

Октемского лицея под руководством директора лицея Семенова Ю.И. и учителя географии Кардашевской Н.Г. в устье р. Буотамы.

Результаты исследования плейстоценой фауны млекопитающих

В июле 2014 г. в устье и в низовьях р. Буотамы нами найдены костные остатки мамонта (фрагмент плечевой кости), бизона (фрагмент черепа) и снежного барана (фрагмент рогового стержня). Местный житель села Качикатцы Гаврильев И.Б. передал нам для исследования костные остатки ископаемых животных, найденных им в протоке Качикатской (местность «Кердюген») в июне 2014 г. Среди них нами определены: фрагмент плечевой кости шерстистого носорога, фрагмент верхней челюсти лося и часть черепа снежного барана с роговым стежнем. В музее пос. Качикатцы нами определены и исследованы остатки мамонта, шерстистого носорога, благородного оленя, бизона, найденные местными жителями в протоке Качикатской.

В ходе полевой летней школы в июле 2018 г. на территории Хангаласского района исследованы ручьи Змеиный, Едйя, Куруннах, Лабыйя, Ой-Муран, впадающие в р. Лену, на наличие костных остатков плейстоценовой и голоценовой фаун. В устье Едйи обнаружена метатарсальная кость ленской лошади (*Equus lenensis*). В устье Куруннаха найден поясничный позвонок мамонта и трубчатая кость небольшого зверя со следами погрызов хищников с обеих сторон, предположительно, плейстоценового возраста. В полкилометре от устья Лабыйи обнаружен первый шейный позвонок крупного млекопитающего (точнее пока не определен), предположительно плейстоценового возраста. В устье Ой-Мурана обнаружен фрагмент нижней челюсти лося или изюбря, принадлежавшая молодой особи, предположительный возраст позднего голоценовый.

***Equus lenensis* Russanov, 1968 – ленская лошадь**

Метатарсальная (плюсневая) кость. Найдена в июле 2018 г. вблизи от устья ручья Едйя. Кость минерализована, поверхность ее имеет коричневый цвет. Размеры ее свидетельствуют о том, что она принадлежит ленской лошади позднего плейстоцена (табл. 1). Метатарс обнаружен на бечевнике, имеет хорошую собранность, слабо окатан.

Таблица 1

Размеры плюсневых костей ленских лошадей *Equus lenensis*

Промеры, мм	Ручей Едйя	Территория Якутии [4] limit M
Полная длина	265	<u>236,9-273,7</u> 252,7
Ширина верхнего эпифиза	50,9	<u>44,0 – 55,5</u> 48,6
Поперечный диаметр верхнего эпифиза	44,1	<u>40,2 – 51,1</u> 45,4
Ширина нижнего эпифиза в суставе	47,1	<u>42,3 – 53,6</u> 48,0
Поперечник нижнего конца	36,9	<u>31,2 – 42,4</u> 35,9
Поперечный диаметр диафиза посередине	32,1	<u>28,6 – 37,2</u> 30,7

Сравнение размеров плюсневых костей ленских лошадей свидетельствует о том, что находка с Едйи относится к очень крупной особи (очевидно, к взрослому жеребцу). Ряд параметров этой кости превышает средние показатели для вида (табл. 1).

Остатки млекопитающих мамонтовой фауны, исследованные в Музее поселка Качикатцы (найжены в разное время в Качикатской протоке)

***Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) – Шерстистый мамонт**

В Музее имеются два последних коренных зуба мамонта, фрагмент тазовой кости и фрагмент большой берцовой кости.

Coelodonta antiquitatis (Blumenbach, 1799) – Шерстистый носорог

Имеются: череп, второй шейный позвонок, плечевая кость.

Нами исследованы череп и плечевая кость. Кости черепа минерализованы, имеют темно-коричневый цвет, не окатаны. На черепе обломана правая скуловая кость; зубы не сохранились. Носовая перегородка полностью заросшая; швы на черепе полностью облитерированы. Судя по этим признакам череп, принадлежал взрослой особи. Размеры черепа очень крупные, намного превосходящие таковые взрослой самки, найденной в пос. Чурапча (табл. 2).

Таблица 2

Размеры черепов шерстистых носорогов

Промеры, мм	Музей пос. Качикатцы, Качикатская протока	Чурапчинский носорог
		[5]
Длина теменная	826	706
Ширина носовых костей наибольшая	166	162
Ширина орбитальная	277	236
Ширина скуловая	>300	344
Ширина между наружными краями затылочных мыщелков	177	158
Высота диастемная	193	175
Высота затылочная большая	244	241
Высота затылочная малая	190	168

По-видимому, данный череп принадлежал взрослому, крупному самцу шерстистого носорога.

Плечевая кость минерализована, имеет темно-коричневый цвет, не окатана. Кость практически целая, за исключением средней части проксимального отдела, который имеет разрушения. Эпифизы на кости, полностью приросшие; кость, несомненно, принадлежала взрослому, закончившему рост, животному. По длине кость уступает аналогичной кости взрослой самки носорога из Чурапчи (табл. 3), однако по ширине разных отделов – близка последней, отличаясь относительной массивностью. Возможно плечевая кость из Качикатской протоки принадлежала взрослой, но низкорослой самке массивного сложения.

Таблица 3

Размеры плечевых костей шерстистых носорогов Якутии, в мм

Промеры (мм), индексы (%)	Музей пос. Качикатцы, Качикатская протока	Ытык-Кель № 2128	р.Кентик № 5032	Чурапча № 2114
		(Лазарев и др., 1998)		
1. Длина медиальная	Около 410	-	462	440
2. То же латеральная	397	-	425	430
3. То же от вершины головки	360	351	382	418
4. Ширина проксимального конца	Около 190	-	201	204
5. Поперечник его	-	-	178	180
6. Ширина головки (слева направо)	107	-	-	109
7. Поперечник его	105	98	-	119
8. Ширина дистального конца	169	-	153	170
9. Поперечник его в медиальном отделе	-	117	121	127
10. То же латеральном отделе	-	-	110	119

11.Ширина суставного блока вдоль его оси	109,5	108	112	116
12.Ширина диафиза в середине	79	70	79	79
13.Поперечник его (там же)	-	68	-	77
Индексы:				
Индекс ширины проксимального конца (4:2)	47,9	-	47,3	45,3
То же дистального конца (8:2)	42,6	-	36,0	37,8
То же диафиза (12:2)	19,9	-	18,6	17,6

Шерстистый носорог в позднем плейстоцене был распространен очень широко, встречаясь практически на всей территории Якутии, за исключением гористых местностей [4-7].

Cervus elaphus Linnaeus, 1758 – Благородный олень

Фрагмент левого сброшенного рога. Минерализован, имеет коричневый цвет. Представляет собой нижнюю часть рога с розеткой, основаниями надглазничных отростков и часть ствола рога, обломанного под основанием среднего отростка. Длина сохранившегося фрагмента рога около 450 мм. Окружность ствола рога составляет 166 мм, что свидетельствует о том, что рог принадлежал взрослому крупному самцу. В позднем плейстоцене крупная ископаемая форма благородного оленя была распространена гораздо шире, чем в настоящее время – вплоть до Арктики и территории современных Новосибирских островов [4, 8].

Panthera spelaea Goldf., 1810 – Пещерный лев

23 июня 2014 г. сотрудники питомника лесных бизонов Министерства охраны природы Республики Саха (Якутия) «Усть-Буотама» Егор Иванов и Андриан Киприянов нашли на берегу реки Буотама примерно в 3 км от ее устья, в местности «Быйытта», остатки черепа пещерного льва. Эти остатки найдены на каменистом берегу реки возле уреза воды, т.е. они, очевидно были принесены течением реки с близлежащего обрыва берега. Находка представляет собой правую переднюю часть черепа ископаемого пещерного льва (рис. 1). Цвет костей песчанисто-светло-коричневый. По-видимому, череп долгое время находился в лессовых пылеватых отложениях верхнего плейстоцена и приобрел соответствующую окраску. Очевидно череп выпал из обрыва береговых отложений в реку, при падении был расколот и фрагменты этого черепа были разбросаны речным течением. На фрагменте сохранились верхнечелюстная кость, часть резцовой кости, скуловая кость, клык, предпоследний предкоренной зуб (Р3) и последний предкоренной зуб (Р4, или верхний хищнический зуб). Судя по размерам костей и степени срастания межкостных швов, это был взрослый нестарый зверь. Хотя эта особь имела крупные клыки длиной около 5 см, относительно небольшой поперечный диаметр основания клыка (2,3 см) свидетель-



ствует о том, что фрагмент черепа принадлежал самке пещерного льва. В геохронологической лаборатории университета г. Гронинген (Нидерланды) установлен ее радиоуглеродный возраст (т.е. время гибели этой особи) – 41540 ± 355 лет назад (GrA-62445), входящий в пределы каргинского термохрона позднего плейстоцена. По-видимому, не случаен каргинский возраст этой находки, т.к. во время этого термохрона пещерный лев имел наиболее широкое распространение в Восточной Сибири [9]. Фрагмент черепа пещерного льва найден на территории Хангаласского улуса впервые и этим еще определяется его ценность.

Сборы школьников Октемского лицея (лето 2016 г., устье р. Буотамы)

Mammuthus primigenius (Blumenbach, 1799) – Шерстистый мамонт

1. Правый бивень мамонта (рис. 2). Цвет поверхности бивня желтовато-белесого цвета. На бивне имеется много продольных трещин, глубоких и поверхностных. Концевые части бивня обломаны. Следов окатанности нет. Длина бивня по наружной кривизне 185 см (восстановленная длина – 190-195 см); наибольшая окружность 42 см; наибольший диаметр бивня у выхода из альвеолы 12,5 см; глубина альвеолярного конуса – около 21 см. Данные параметры соответствуют бивню молодого, не закончившего рост, самца шерстистого мамонта [10].



Рис. 2. Бивень мамонта с устья р. Буотамы

2. Нижняя челюсть мамонта (рис. 3). Восходящие ветви челюсти обломаны. Цвет поверхности серовато-коричневый. Сохранились два зуба, последние коренные (m_3). Размеры зуба, частота пластин и толщина эмали на нем близки средним показателям аналогичных зубов некрупных мамонтов с Берелехского «кладбища» мамонтов (табл. 4).



Рис. 3. Нижняя челюсть мамонта с устья р. Буотамы

Таблица 4

Сравнение размеров m3 (последний нижний коренной зуб) у шерстистого мамонта
Mammuthus primigenius

Наиболее значимые диагностические признаки m3, мм	<i>Mammuthus primigenius</i>	
	<i>M. p. primigenius</i> , поздний плейстоцен	
	Устье р. Буотамы	Якутия, Берелех [11, 12] limit/(X)
Длина коронки	223	195 – 250 (216.6)
Ширина коронки	75	72 – 96 (83.1)
Полное число пластин	20	17 – 26 (22.5)
Число пластин на 10 см	8 – 9	7.5 – 12 (9.8)
Толщина эмали	0.9 – 1.8	1.1 – 1.9 (1.54)

3. Второй шейный позвонок мамонта (эпистрофей). Цвет коричневый. Обломана верхняя часть и боковые невральные дуги. Восстановленные размеры: высота около 250 мм, наибольшая ширина – около 240 мм. Данный позвонок принадлежал крупной особи мамонта.

***Bison priscus* Vojanus, 1827 – Первобытный бизон**

4. Правая плечевая кость. Цвет поверхности темно-коричневый. Проксимальный конец обломан. Следов окатанности нет. Принадлежал взрослой особи. Длина сохранившейся части 370 мм (восстановленная длина не менее 400 мм). Ширина блока 110 мм, ширина диафиза в середине 59,5 мм.

5. Левая бедренная кость (рис. 4). Цвет поверхности темно-коричневый. Обломаны головка и большой вертел. Дистальная часть диафиза над эпифизом обгрызена крупным хищником, судя по расстоянию между следами клыков (около 30 мм), росомахой. Следов окатанности нет. Принадлежал взрослой крупной особи. Длина сохранившейся части 435 мм (восстановленная длина около 490 мм). Ширина блока 127,5 мм, ширина диафиза в середине 53,2 мм.



20 см.

Рис. 4. Бедренная кость бизона с устья р. Буотамы

6. Большая берцовая кость, правая (рис. 5). Цвет поверхности темно-коричневый. Практически целая, не окатанная. Принадлежала взрослой крупной особи. Полная длина 465 мм.



10 см.

Рис. 5. Большая берцовая кость бизона с устья р. Буотамы

Бизоны в позднем плейстоцене были одними из наиболее широко распространенных на территории Якутии крупных копытных млекопитающих [4].

Заключение

В результате исследования новых находок остатков млекопитающих мамонтовой фауны нами определено присутствие на территории бассейна реки Буотамы и прилегающих территорий мамонта, шерстистого носорога, ленской лошади, благородного оленя, лося, бизона и снежного барана. Присутствие пещерного льва в этом регионе достоверно установлено впервые. Остатки хищников встречаются гораздо реже, чем остатки более многочисленных растительноядных животных, что обусловлено правилом экологической пирамиды Элтона. В связи с этим находка фрагмента черепа пещерного льва на Буотаме является исключительно редкой. Новые находки остатков млекопитающих мамонтовой фауны дополняют сведения о видовом составе и распространении мамонтовой фауны на современной территории природного парка «Ленские столбы». Местонахождения мамонтовой фауны на этой особо охраняемой природной территории должны быть включены в перечень природных памятников.

Литература

1. Камалетдинов В.А. Строение и характеристика отложений бестяхской террасы Средней Лены / В.А. Камалетдинов, П.С. Минюк // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. – 1991. – № 60. – С. 67-68.
2. Боесков Г.Г. Новые данные о млекопитающих мамонтовой фауны бассейна Средней Лены (Якутия; природный парк «Ленские столбы» и прилегающие территории) / Г.Г. Боесков, П.Р. Ноговицын, Е.Н. Машенко, И.Н. Белолубский, А.Д. Степанов, В.В. Плотников, А.В. Протопопов, М.В. Щелчкова, ван дер Плихт Й., Н.Г. Соломонов // Доклады Академии наук. Науки о Земле. – 2016. – Т. 469, № 2. – С. 190-194.
3. Алексеев М.Н., Камалетдинов В.А., Зигерт Х., Гриненко О.В., Гнибиденко З.Н., Гравис Г.Ф., Шамшина Э.А. Проблемы геологии палеолитического памятника Диринг-Юрях. Препринт. – Якутск: ГКП ЯПГО, 1990. – 48 с.
4. Лазарев П.А., Томская А.И. Млекопитающие и биостратиграфия позднего кайнозоя Северной Якутии. – Якутск: изд-во ЯФ СО АН СССР, 1987. – 170 с.
5. Лазарев П.А., Боесков Г.Г., Томская А.И., Гарутт Н.В., Васильев Е.М., Каспаров А.К. Млекопитающие антропогена Якутии. – Якутск: изд-во ЯНЦ СО РАН, 1998. – 167 с.
6. Boeskorov G.G. Woolly rhino (*Coelodonta antiquitatis*) distribution in Northeast Asia // *Deinsea*. – 2001. – No.8. – P. 15-20.
7. Lister A., Stuart A. Extinction chronology of the woolly rhinoceros *Coelodonta antiquitatis*: reply to Kuzmin // *Quaternary Science reviews*. – 2013. – Vol. 62. – P. 144-146.
8. Боесков Г.Г. Систематическое положение благородного оленя *Cervus elaphus* L. (Cervidae, Artiodactyla, Mammalia) из неоплейстоцена Северо-Восточной Азии / Г.Г. Боесков // Палеонтологический журнал. – 2005. – № 3. – С. 1-13.
9. Боесков Г.Г., Барышников Г.Ф. Позднечетвертичные хищные млекопитающие Якутии. – Санкт-Петербург: Наука, 2013. – 199 с.
10. Верещагин Н.К. Исследование бивней мамонта из мерзлоты северо-востока Сибири / Н.К. Верещагин, А.Н. Тихонов // Зоологический журнал. – 1987. – т. 66, № 4. – С. 632-634.
11. Верещагин Н.К. Берелехское «кладбище» мамонтов // ред. Я.И. Старобогатов. Мамонтовая фауна Русской равнины и Восточной Сибири. – Л.: ЗИН АН СССР, 1977. – С. 5–50.
12. Жерехова И.Е. Описание и измерения зубов мамонтов Берелеха // ред. Я.И. Старобогатов. Мамонтовая фауна Русской равнины и Восточной Сибири. – Л.: ЗИН АН СССР, 1977. – С. 50–58.

References

1. Kamaletdinov V.A. Stroenie i harakteristika otlozhenij bestyahskoj terrasy Srednej Leny / V.A. Kamaletdinov, P.S. Minyuk // *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. – 1991. – № 60. – S. 67-68.
2. Boeskorov G.G. Novye dannye o mlekopitayushchih mamontovoj fauny bassejna Srednej Leny (Yakutiya;

- prirodnyj park «Lenskije stolby» i prilegayushchie territorii) / G.G. Boeskorov, P.R. Nogovicyn, E.N. Mashchenko, I.N. Belolyubskij, A.D. Stepanov, V.V. Plotnikov, A.V. Protopopov, M.V. SHCHelchkova, van der Pliht J., N.G. Solomonov // *Doklady Akademii nauk. Nauki o Zemle*. – 2016. – T. 469, № 2. – S. 190-194.
3. Alekseev M.N., Kamaletdinov V.A., Zigert H., Grinenko O.V., Gnibidenko Z.N., Gravis G.F., SHamshina E.H.A. Problemy geologii paleoliticheskogo pamyatnika Diring-Yuryah. Preprint. – Yakutsk: GKP YAPGO, 1990. – 48 s.
4. Lazarev P.A., Tomskaya A.I. Mlekopitayushchie i biostratigrafiya pozdnego kajnozoya Severnoj Yakutii. – Yakutsk: izd-vo YAF SO AN SSSR, 1987. – 170 s.
5. Lazarev P.A., Boeskorov G.G., Tomskaya A.I., Garutt N.V., Vasil'ev E.M., Kasparov A.K. Mlekopitayushchie antropogena Yakutii. – Yakutsk: izd-vo YANC SO RAN, 1998. – 167 s.
6. Boeskorov G.G. Woolly rhino (*Coelodonta antiquitatis*) distribution in Northeast Asia // *Deinsea*. – 2001. – No.8. – P. 15-20.
7. Lister A., Stuart A. Extinction chronology of the woolly rhinoceros *Coelodonta antiquitatis*: reply to Kuzmin // *Quaternary Science reviews*. – 2013. – Vol. 62. – P. 144-146.
8. Boeskorov G.G. Sistematicheskoe polozhenie blagorodnogo olenya *Cervus elaphus* L. (Cervidae, Artiodactyla, Mammalia) iz neoplejstocena Severo-Vostochnoj Azii / G.G. Boeskorov // *Paleontologicheskij zhurnal*. – 2005. – № 3. – S. 1-13.
9. Boeskorov G.G., Baryshnikov G.F. Pozdnechetvertichnye hishchnye mlekopitayushchie YAkutii. – Sankt-Peterburg: Nauka, 2013. – 199 s.
10. Vereshchagin N.K. Issledovanie bivnej mamonta iz merzloty severo-vostoka Sibiri / N.K. Vereshchagin, A.N. Tihonov // *Zoologicheskij zhurnal*. – 1987. – t. 66, № 4. – S. 632-634.
11. Vereshchagin N.K. Berelekhskoe «kladbishche» mamontov // red. Ya.I. Starobogatov. Mamontovaya fauna Russkoj ravнины i Vostochnoj Sibiri. -L.: ZIN AN SSSR, 1977. – S. 5–50.
12. Zherekhova I.E. Opisanie i izmereniya zubov mamontov Berelekha // red. Ya.I. Starobogatov. Mamontovaya fauna Russkoj ravнины i Vostochnoj Sibiri. – L.: ZIN AN SSSR, 1977. – S. 50-58.

— ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, — ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

DOI 10.25587/SVFU.2019.13.27559

УДК 332.142

А. П. Черепанова¹, Е. В. Данилова¹, В. Н. Маркова²

¹ АО РСР «Якутский фондовый центр», г. Якутск, Россия

² СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

ДЕНЕЖНЫЕ ДОХОДЫ КАК ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕНСКОГО И ОЛЕКМИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ), 2018 г.)

Аннотация. В работе на основе данных, полученных путем социологического исследования, осуществлен анализ денежных доходов населения Ленского и Олекминского районов Республики Саха (Якутия).

Актуальность проведения исследования определена стратегическим курсом социально-экономического развития Республики Саха (Якутия), основой которого провозглашено развитие человеческого капитала и повышение качества жизни населения. В то же время, с 2012 г. отсутствуют официальные статистические данные о среднедушевых доходах населения в разрезе районов республики.

Цели исследования:

- выявление факторов, определяющих материальное благополучие и качество жизни людей;
- изучение масштабов, глубины, динамики и основных факторов возникновения бедности среди сельского населения Республики Саха (Якутия);
- использование результатов исследования при формировании экономической политики в Республике Саха (Якутия), для разработки рекомендаций по повышению качества жизни населения.

Задачи исследования:

- оценка масштабов и причин сельской бедности;
- выявление основных источников доходов сельских семей;
- определение уровня бедности на основе потребления семей;
- сопоставление уровня социально-экономического развития территории с уровнем жизни населения.

¹ *ЧЕРЕПАНОВА Альбина Прокопьевна* – к.г.- м.н., генеральный директор АО РСР «Якутский фондовый центр».

E-mail: CherepanovaAP@yfc.ru

CHEREPANOVA Albina Prokopievna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Director, Joint-stock company Republic's Specialized Registrar "Yakut Stock Center".

E-mail: CherepanovaAP@yfc.ru

¹ *ДАНИЛОВА Елена Владимировна* – к.э.н., доцент ФЭИ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: elena_danilova@inbox.ru

DANILOVA Elena Vladimirovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Institute of Finances and Economics, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: elena_danilova@inbox.ru

² *МАРКОВА Виктория Николаевна* – аспирант, ФЭИ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: markovavn@mail.ru

MARKOVA Victoria Nikolaevna – post-graduate student, Institute of Finances and Economics, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: markovavn@mail.ru

Методы исследования: социологическое исследование методом формализованного анкетирования респондентов по вспомогательной анкете, состоящей из 15 вопросов. Для достижения выборочной совокупности опрашивались местные жители 18-75 лет, работники основных сфер приложения труда на селе, неработающие граждане (безработные, пенсионеры, инвалиды, студенты) с учетом соблюдения принципа гомогенности групп по полу, возрасту, образовательному уровню и социальному статусу.

Анализ полученных данных свидетельствует о значительной дифференциации в размерах доходов и существовании значительного количества бедного населения в исследуемых районах республики.

Полученные в результате проведенного исследования данные об уровне жизни населения Ленского и Олекминского районов будут использованы при формировании экономической политики в Республике Саха (Якутия), для совершенствования методологии и методики финансового обеспечения муниципальных образований республики, для разработки рекомендаций по повышению качества жизни населения.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие, экономическая политика, человеческий капитал, качество жизни населения, денежные доходы, бедность.

A. P. Cherepanova¹, E. V. Danilova¹, V. N. Markova²

¹ Republic's Specialized Registrar "Yakut Stock Center", Yakutsk, Russia

² M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

CASH INCOME AS A MAIN CRITERION FOR EVALUATING THE STANDARD OF LIVING OF THE POPULATION: THE CASE OF LENSKY AND OLYOKMINSKY MUNICIPAL DISTRICTS OF THE SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA) IN 2018

Abstract. The analysis of sociological studies of the population of Lensky and Olyokminsky Districts of the Sakha Republic (Yakutia) was carried out.

The activity of research is strategic course for the socio-economic development of the Sakha Republic (Yakutia), which ensures the development of human capital and the improvement of the quality of life of the population. At the same time, since 2012, there are no official statistics on average per capita incomes of the population in the districts of the republic.

Objectives of the study:

- identification of factors determining the material well-being and quality of life of people;
- study of the scale, depth, dynamics and main factors of poverty among the rural population of the Sakha Republic (Yakutia);
- use of research results in the formation of economic policy in the Sakha Republic (Yakutia), to develop recommendations for improving the quality of life of the population.

Objectives of the study:

- assessment of the scale and causes of the rural poverty;
- identification of the main sources of income of the population;
- determining the level of poverty based on household consumption;
- comparison of the level of socio-economic development of the territory with the standard of living of the population.

Research methods: sociological research using the method of a formalized questionnaire of respondents on a supporting questionnaire consisting of 15 questions. In order to reach the sample, local residents aged 18 to 75 years old were interviewed, working with civilians (unemployed, retired, disabled, students), taking into account the principles of homogeneity of groups by gender, age, educational level and social status.

An analysis of data indicates that there are differences in many incomes and the current number of poor people in the studied regions of the republic.

The data obtained as a result of the research conducted on the standard of living of the population of Lensky and Olyokminsky Districts will be used to formulate economic policies in the Sakha Republic (Yakutia), to improve the methodology and methodology of financial support for municipal units of the republic, to develop recommendations for improving the quality of life of the population.

Keywords: socio-economic development, economic policy, cash income, poverty.

В ходе работы «Плавучего университета на реке Лена» было проведено социологическое исследование уровня жизни населения Ленского и Олекминского муниципальных районов. В Ленском районе были опрошены жители г. Ленска и наслега Натора, в Олекминском районе – г. Олекминска и наслегов: I Нерюктяй, Дельгей, Мача, Урицкое, Хоринцы, Саняхтах. Всего опрошено 480 респондентов, 130 жителей Ленского района и 350 – Олекминского.

Актуальность исследования

Стратегия социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) провозгласила развитие человеческого капитала и повышение качества жизни населения главной целью развития. Задача снижения уровня бедности и имущественного неравенства населения является одной из основных на современном этапе развития Российского государства. По показателям качества и уровня жизни регионы Дальнего Востока находятся ниже среднероссийских. Рейтинговое агентство «РИА Рейтинг» медиагруппы МИА «Россия сегодня» в представленном, шестом по счету, рейтинге качества жизни населения в российских регионах, показывает, что только три региона ДВФО находятся на позициях выше 50 места, три региона занимают позиции ниже 70-го места. Республика Саха (Якутия) находится в рейтинге на 71 месте [3]. Масштабы бедности в Республике Саха (Якутия) превышают и средний показатель по регионам Дальневосточного федерального округа. За три последних года численность официально признанных бедными в Республике Саха (Якутия) увеличилась с 156 тыс. человек до 186 тыс. человек, каждый пятый житель республики имел доходы ниже величины прожиточного минимума [1].

Актуальность проведения исследования определена отсутствием с 2012 г. официальных статистических данных о среднедушевых доходах населения в разрезе районов республики. По этой причине, отсутствия данных, сложно сопоставить влияние развития территории с уровнем жизни населения.

Цели исследования:

1. Выявление факторов, определяющих изменение материального положения людей и зависимости роста материального благополучия и качества жизни от условий социально-экономического развития места жительства.
2. Изучение масштабов, глубины, динамики и основных факторов возникновения бедности среди сельского населения Республики Саха (Якутия).
3. Использование результатов исследования при формировании экономической политики в Республике Саха (Якутия), для разработки рекомендаций по повышению качества жизни населения.

Задачи исследования:

1. Оценка масштабов и причин сельской бедности: выявление основных источников доходов сельских семей, определение уровня бедности на основе потребления семей.
2. Сопоставление уровня социально-экономического развития территории с уровнем жизни населения.
3. Изучение влияния материального положения населения на его мобильность.

Показатель уровня жизни населения – комплексный, многофакторный показатель, отражающий степень удовлетворения материальных и духовных потребностей людей. Безусловно, уровень жизни базируется, прежде всего, на объеме денежных, реальных доходов на душу населения и соответствующем объеме потребления.

Источниками денежных доходов являются оплата труда, доход от предпринимательской деятельности, доход от собственности, плата за оказанные услуги, денежные выплаты, связанные с социальным обеспечением и мерами социальной защиты населения.

Анализ денежных доходов населения Ленского района: г. Ленска и наслега Натора

Основным источником доходов жителей г. Ленска является заработная плата. В структуре доходов населения она составляет 80,4 % (рис.1). Минимальную зарплату получают 1,8 % опрошенных жителей. Максимальную – 100 тыс. руб. и больше – 6,4 % жителей. Зарплату в размере от 50-70 тыс. руб. – 20,9 % работников, от 70-100 тыс. руб. – 16,4 % (рис.2).

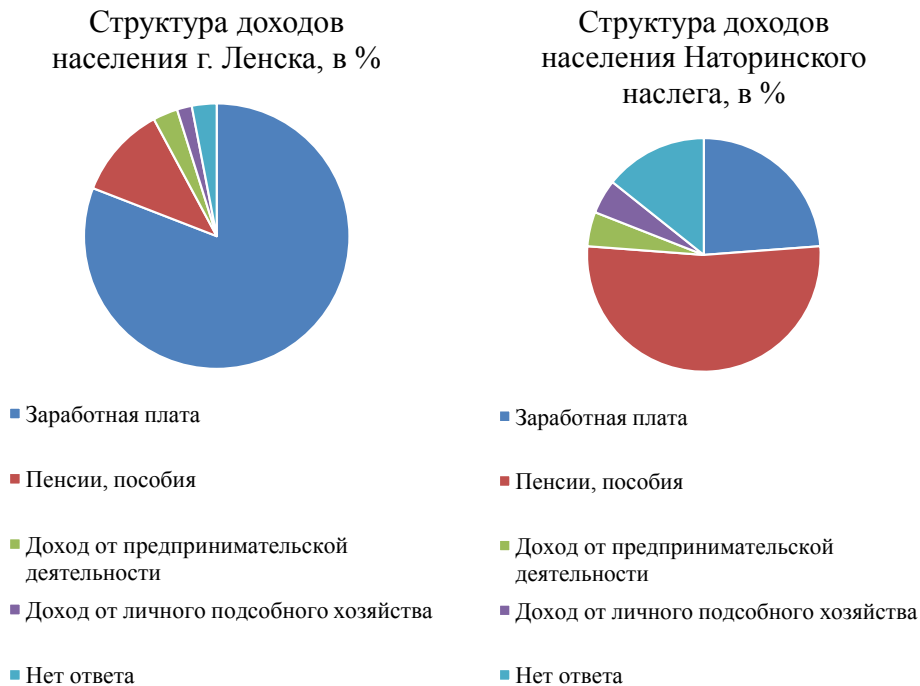


Рис. 1. Структура доходов жителей г. Ленска и Наторинского наслега

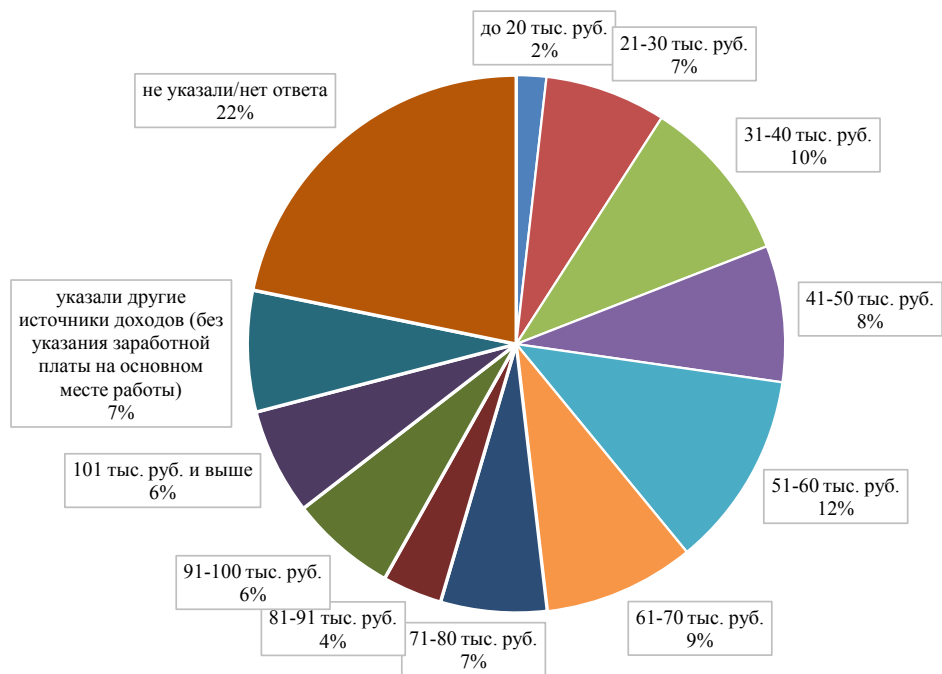


Рис. 2. Зарботная плата на основном месте работы жителей г. Ленска, %

Средний размер заработной платы жителей Ленска составляет 59.160 руб. Это на 6.673 рубля меньше среднереспубликанского показателя по состоянию на июль 2018 г. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата одного работника в республике составляла в июле 2018 г. 65.833 рубля [2].

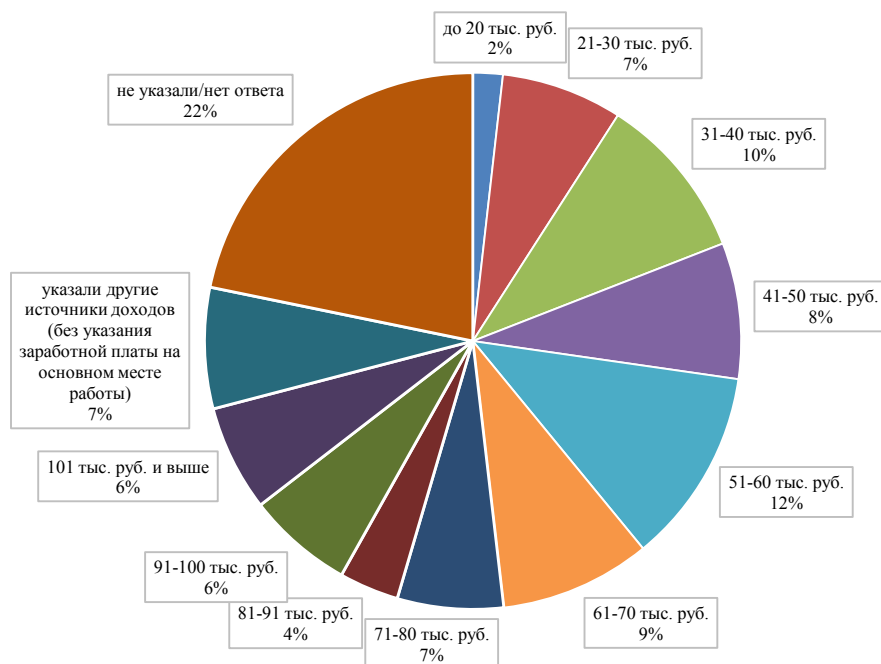


Рис. 3. Заработная плата на основном месте работы жителей Наторинского наслега, %

75 % респондентов работают в бюджетной сфере – образовании, здравоохранении, государственном управлении; 4,5 % – в сфере услуг и 2,7 % – в отрасли производства и распределения электроэнергии, газа и воды.

При этом 76,4 % (84 чел.) опрошенных указали на получение дополнительного приработка. Учитывая, что местом работы респондентов в основном является бюджетная сфера, можно предположить, что это работа по совместительству, репетиторство и дополнительная работа в рыночном секторе.

Пенсии, пособия: по безработице, на детей, по уходу за ребенком, по инвалидности и пр. являются основным источником денежного дохода для 11,2 % жителей. Доходы от занятия предпринимательской деятельностью и доходы от личного подсобного хозяйства составляют незначительную долю в общих доходах населения.

Таким образом, полученные доходы в расчете на душу населения распределяются следующим образом: более высокие доходы в размере 31-40 тыс. руб. получают 11,8 опрошенных, 5,5 % – в пределах 40-50 тыс. руб. и 5,5 % свыше 50 тыс. руб. В то же время доля жителей, получающих доход на уровне прожиточного минимума и меньше значительна – она составляет 35,5 % населения (рис. 4). Величина прожиточного минимума во 2 квартале 2018 г. во 2 зоне районов республики составляла 16.078 руб. [2].

Получая сравнительно небольшую зарплату, в расчете на душу человека доход выходит небольшой, т.к. более половины респондентов имеют на иждивении детей в возрасте до 16 лет.

Из опрошенных жителей с. Наторы 45 % являются пенсионерами, соответственно, зарплата не является главным источником дохода жителей села. Зарплату получают четверть жителей наслега и ее размер низкий: у 10 % – до 20 тысяч, у 15 % – не выше 30 тыс. руб. (рис. 3). Характерно, что 40 % жителей не ответили на вопрос о зарплате. Для 55 % жителей с. Наторы основным источником дохода являются пенсии, пособия по безработице, пособия на детей, по уходу за ребенком, по инвалидности. Таким образом, половина жителей села живут за счет пенсий и социальных выплат (таблица 1). Возрастная структура жителей соответствует приведенным данным: 10 % жителей находятся в предпенсионном возрасте, 75 % – это лица от 50 лет и старше, причем, лиц от 60 лет и старше – 55 % от всего населения наслега.

25 % жителей имеют детей до 16 лет.

Уровень жизни жителей наслега очень невысокий: 40 % жителей являются бедными – их душевой среднемесячный доход находится или ниже уровня прожиточного минимума или чуть превышает его. 60 % жителей имеют доход на человека в 2 прожиточных минимума (рис.4).

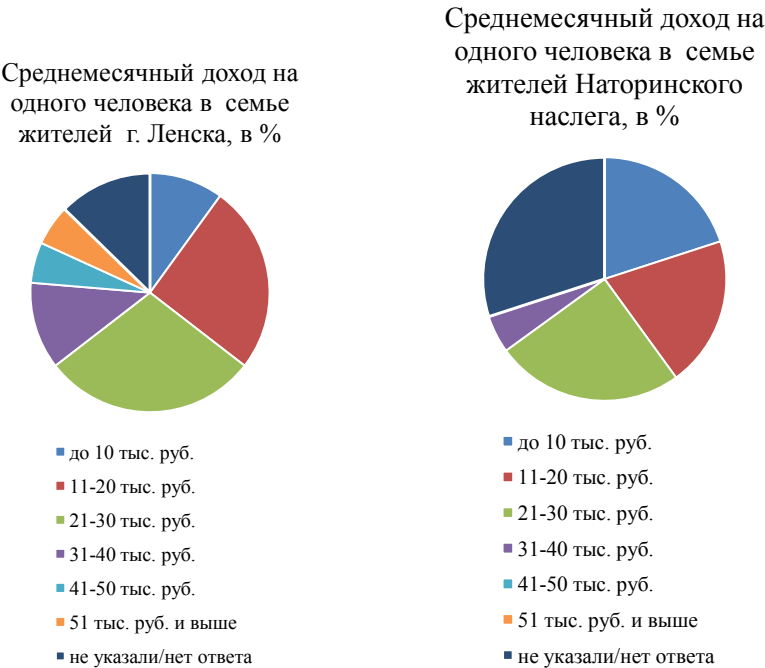


Рис. 4. Среднемесячный доход на 1 жителя в семье жителей Г. Ленска и Наторинского наслега, %

Анализ денежных доходов населения Олекминского района: г. Олекминск и наслеги: I Нерюктяй, Урицкое, Хоринцы

Более чем у 80 % жителей г. Олекминск основной источник дохода – это зарплата (рис. 6). Средняя зарплата жителей города – 50 тыс. руб. Зарплату выше 50 тысяч получают 34 % жителей, от 70 до 100 и выше тысяч – каждый пятый житель Олекминска. В то же время 3,3 % жителей являются бедными и 19,5 % почти бедными. Мы можем констатировать социальное расслоение в обществе: дифференциация в размере зарплат высокая – составляет более 8 раз (рис. 5).

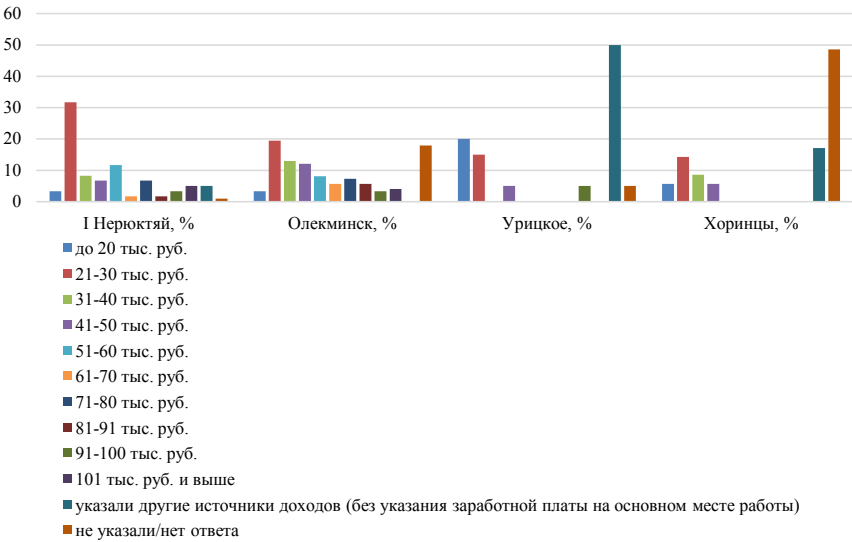


Рис. 5. Заработная плата на основном месте работы жителей г. Олекминска, наслегов I Нерюктяй, Урицкое, Хоринцы, %

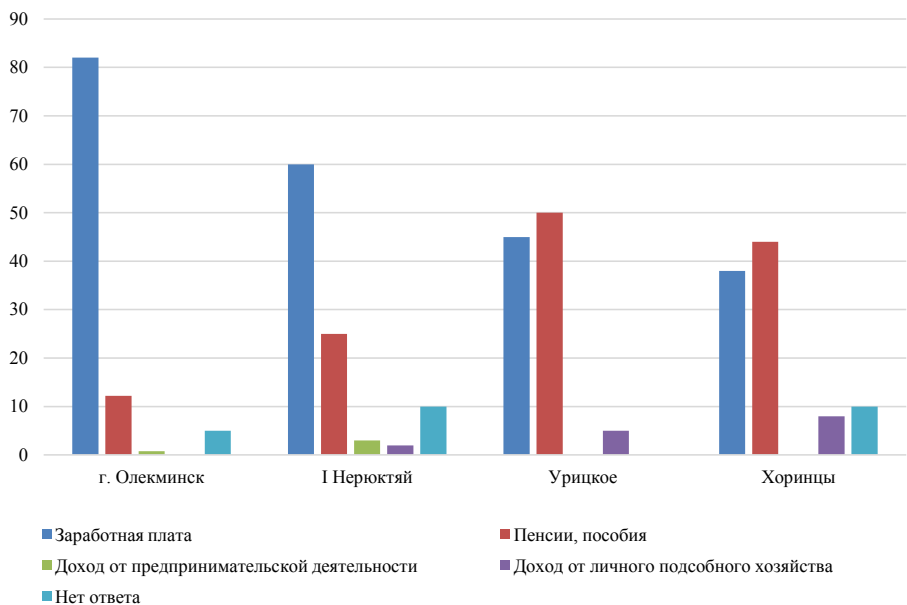


Рис. 6. Структура доходов населения г. Олекминска, населгов п. Нерюктай, Урицкое, Хоринцы, %

57 % респондентов работают в бюджетной сфере – образовании, здравоохранении, госу-
правлении; 21 % – в отрасли производства и распределения э/энергии, газа и воды.

Более 12 % совокупных доходов жителей Олекминска – пенсии и социальные пособия.

Структура доходов населения соответствует возрастной структуре: 75 % населения – это
люди трудоспособного возраста – от 20 до 50 лет.

При сравнительно высокой зарплате среднемесячный доход жителя Олекминска оказыва-
ется небольшим: более 50 % жителей это бедные или почти бедные люди, 26 % людей живут на
доход от 21 до 30 тысяч руб. в месяц. 58 % жителей имеют детей в возрасте до 16 лет (рис. 7).

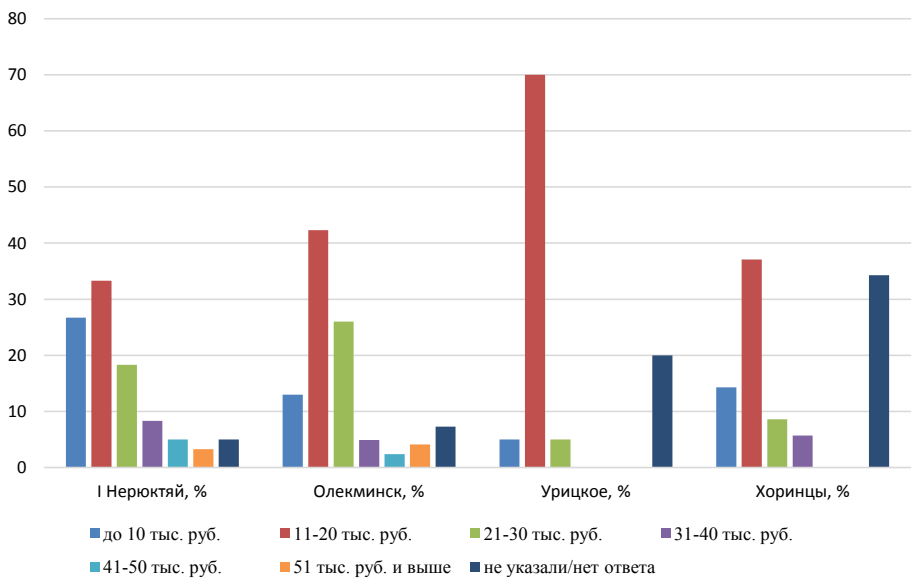


Рис. 7. Среднемесячный доход на 1 человека в семье жителей г. Олекминска, населгов п. Нерюктай, Урицкое, Хоринцы, руб.

Из наслегов Олекминского района более высокий уровень жизни в I Нерюктяе. Зарплату более 50 тысяч получают 20 % жителей, из них от 70 до 100 и выше тысяч – 16,7 %. В наслеге Урицкое один респондент указал зарплату 100 тысяч руб. Кроме этого человека зарплату выше 50 тысяч не получает никто. В Урицком 20 % населения являются бедными, В Хоринцах – 5,7 %. По 15 % работающих в обоих наслеге получают зарплату не выше 30 тыс. руб. (рис. 5). Половину населения в Урицком и 40 % в Хоринцах составляют неработающие пенсионеры и инвалиды. Поэтому и в совокупных доходах населения этих наслегов половина – это пенсии и социальные выплаты. 5 % доходов жителей Урицкого и 8 % в Хоринцах – это доходы от личного подсобного хозяйства (рис. 6). Среднемесячный доход жителей этих наслегов очень маленький – 75 % жителей Урицкого и 51,4 % – Хоринцев являются бедными людьми (рис. 7). Несмотря на то, что по ответам респондентов, в I Нерюктяе люди больше трудоустроены и получают более высокую зарплату, среднемесячный доход жителей наслеге тоже совсем небольшой, процент бедняков составляет 60 %. Возможно, расхождение в показателях доходов населения исследуемых наслегов возникает по той причине, что 48 % хоринцев не ответили на вопрос о зарплате и 34 % – о среднемесячном доходе. Также о своих доходах не ответили 20 % жителей Урицкого.

Итоги исследования

Приведенные данные позволяют сделать вывод: относительно лучше материальное обеспечение жителей Ленского района, являющегося одним из промышленных центров республики. В то же время среди респондентов не оказалось лиц, работающих в промышленности. Денежные доходы населения Олекминского района ниже. В районе развиты как с/хозяйство, так и промышленность.

Следует отметить, что достаточно большое количество опрошиваемых не ответили на вопросы о средних доходах семьи и их источниках (табл. 1). Большее число не ответивших респондентов проживает в сельской местности. Очевидно, значительная доля такого населения относится к скрыто безработным, «отчаявшимся» людям, не заявляющим о своем положении, утратившим надежду на получение работы. В то же время, можно предположить, что другая часть данного числа респондентов предпочла скрыть размеры своих реальных доходов, в случае, если их работа находится в непрозрачном, теневом секторе экономики. Предполагаем, что работающие в теневом секторе люди являются жителями главным образом районных центров, где больше развит рыночный сектор.

Таблица 1

**Количество респондентов, не указавших размер доходов семьи и их источники
(в % от общей численности респондентов)**

№	Населенные пункты	Среднемесячный доход на человека в семье	Количество респондентов, не указавших основные источники доходов семьи
Ленский район			
1	г. Ленск	12,7	6,4
2	Натора	30,0	15,0
Олекминский район			
1	г. Олекминск	7,3	7,3
2	Дельгей	23,0	18,2
3	Мача	10,0	10,0
4	I Нерюктяй	5,0	5,0
5	Урицкое	20,0	-
6	Хоринцы	34,3	20

Распределение численности населения Ленского и Олекминского районов по величине среднедушевых денежных доходов показано в табл. 2. Доля населения, получающего доходы выше 50 тыс. руб. минимальна: 5,5 % населения г. Ленска, 4,1 % – г. Олекминск. В наслеге сельской местности, за исключением I Нерюктяя (3,3 %), людей, имеющих высокие доходы,

среди населения нет. Доходы от 31-50 тыс. руб. в Ленском районе получают 12 % населения, в Олекминском – 8 %; от 21-30 тыс. руб. – в Ленском районе – 27 %, в Олекминском – 15 %. Бедными людьми, получающими доходы на уровне прожиточного минимума, являются 38 % населения Ленского района и 60 % Олекминского.

Бедность населения колоссальна! Она значительна не только в сельских населенных пунктах, но и в районных центрах – городах. Промышленное освоение территорий слабо отражается на росте уровня жизни населения, так как на создаваемых предприятиях в основном используется привлекаемая извне, вахтовым способом, рабочая сила.

Таблица 2

Распределение численности населения Ленского и Олекминского районов по величине среднедушевых денежных доходов, (в % от общей численности респондентов)

	Величина среднедушевых денежных доходов, тыс. руб. в месяц			
	От...до 20	21-30	31-50	50 и выше
Ленский район				
г. Ленск	35,5	29,1	17,3	5,5
Натора	40,0	25,0	5,0	-
Олекминский район				
г. Олекминск	55,3	26,0	7,3	4,1
Нерюктяй	60,0	18,3	13,3	3,3
Урицкое	75,0	5,0	5,0	-
Хоринцы	51,4	8,6	5,7	-

Среднедушевые денежные доходы жителей исследуемых населенных пунктов таковы: г. Ленск – 25 тыс. руб., наслег Натора – 19 тыс. руб., г. Олекминск, наслег Дельгей, Мача – 21 тыс. руб., I Нерюктяй – 20 тыс. руб., Урицкое – 18 тыс. руб., Хоринцы – 19 тыс. руб. Эти показатели значительно ниже среднереспубликанского: в июле 2018 г. он составлял 38 933 руб. [2] По данному показателю Республика Саха (Якутия) занимает 11 место в РФ [1].

О низком уровне жизни людей свидетельствуют и их ответы на вопрос, на что хватает семье получаемых денег (табл. 3).

Таблица 3

Ответы жителей Ленского и Олекминского районов на вопрос, на что хватает семье получаемых денег

	Ленский район, в %	Олекминский район в %
не хватает, экономим на еде	7,7	15,4
на повседневные затраты хватает, но покупка одежды и обуви затруднительна	18,5	23,9
в основном хватает, но для покупки дорогостоящих предметов (компьютер, телевизор и т.д.) нужно брать в долг или кредит	41,5	35,7
почти на все хватает, но затруднительно приобретение квартиры, дачи, машины	20,8	17,9
практически ни в чем себе не отказываем	3,1	2,5
не указали /нет ответа	8,5	4,6
Всего:	100,0	100,0

Практически ни в чем себе не отказывают около 3 % опрошенных жителей Ленского и Олекминского районов. Высокий достаток также у 18 % жителей. Большинство населения, безусловно, при невысоких доходах, испытывает сложности. Хватает на текущие расходы, но

покупка дорогостоящих предметов (одежды, бытовой техники) вызывает затруднение у 60 % жителей. И совсем бедно, отказывая себе даже в еде, живут 7,7 % населения Ленского и 15,4 % – Олекминского районов.

Борьба с бедностью является одной из ключевых задач на современном этапе развития Российского государства. В 2019 г. Правительством РФ запланирована реализация пилотных проектов по персонализированному выявлению семей, живущих за чертой бедности, в 8 регионах России [4]. Этим семьям разработают особую траекторию для выхода из тяжелого материального положения. Главной целью проекта является проведение анализа для выявления причин появления бедности. На основе анализа будут разработаны механизмы для увеличения доходов граждан. С 2021 г. разработанную технологию будут применять во всей стране.

Заключение

Полученные в результате проведенного исследования данные об уровне жизни населения Ленского и Олекминского районов будут использованы при формировании экономической политики в Республике Саха (Якутия), для совершенствования методологии и методики финансового обеспечения муниципальных образований республики, для разработки рекомендаций по повышению качества жизни населения.

Литература

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: Стат. сб. – М.: Росстат, 2017. – 1402 с.
2. Саха (Якутия) стат // (режим доступа: <http://sakha.gks.ru>) дата обращения: 1.12.2018.
3. Рейтинг регионов РФ по качеству жизни 2017 // (режим доступа: <http://www.riarating.ru/infografika/20180214/630082471.html>) дата обращения: 1.12.2018.
4. Приказ Минтруда России № 748 от 29 ноября 2018 г. «О реализации в субъектах Российской Федерации пилотных проектов, направленных на достижение до 2024 года национальных целей социально-экономического развития по повышению реальных доходов граждан, снижению уровня бедности в два раза» // (режим доступа: <https://rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/1328>) дата обращения: 30.11.2018.

References

1. Regiony Rossii. Social'no-ehkonomicheskie pokazateli. 2017: Stat. sb. – M.: Rosstat, 2017. – 1402 s.
2. Saha (Yakutiya) stat // (rezhim dostupa: <http://sakha.gks.ru>) data obrashcheniya: 1.12.2018.
3. Rejting regionov RF po kachestvu zhizni 2017 // (rezhim dostupa: <http://www.riarating.ru/infografika/20180214/630082471.html>) data obrashcheniya: 1.12.2018.
4. Prikaz Mintruda Rossii № 748 ot 29 noyabrya 2018 g. «O realizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii pilotnyh proektov, napravlennyh na dostizhenie do 2024 goda nacional'nyh celej social'no-ehkonomicheskogo razvitiya po povysheniyu real'nyh dohodov grazhdan, snizheniyu urovnya bednosti v dva raza» // (rezhim dostupa: <https://rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/1328>) data obrashcheniya: 30.11.2018.

ТРЕБОВАНИЯ, К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПУБЛИКУЕМЫХ В НАУЧНОМ РЕЦЕНЗИРУЕМОМ ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК СВФУ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»

К публикации принимаются научные статьи от авторов из всех регионов России:

- преподавателей вузов,
- докторантов,
- аспирантов,
- магистрантов,
- а также других лиц, занимающихся научными исследованиями.

Требования к содержанию статей

Научные направления:

В серию «Науки о Земле», электронной версии журнала «Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова», принимаются статьи, соответствующие Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются научные степени:

25.00.00	НАУКИ О ЗЕМЛЕ	
25.00.01	Общая и региональная геология	Геолого-минералогические
25.00.02	Палеонтология и стратиграфия	Геолого-минералогические Биологические
25.00.03	Геотектоника и геодинамика	Геолого-минералогические
25.00.04	Петрология, вулканология	Геолого-минералогические
25.00.05	Минералогия, кристаллография	Геолого-минералогические Физико-математические Химические
25.00.06	Литология	Геолого-минералогические
25.00.07	Гидрогеология	Геолого-минералогические Технические
25.00.08	Инженерная геология, мерзловедение и грунтоведение	Геолого-минералогические Географические Технические
25.00.09	Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых	Геолого-минералогические Технические Физико-математические Химические
25.00.10	Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых	Геолого-минералогические Физико-математические Технические
25.00.11	Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения	Геолого-минералогические Технические
25.00.12	Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений	Геолого-минералогические Технические
25.00.13	Обогащение полезных ископаемых	Технические
25.00.14	Технология и техника геологоразведочных работ	Технические
25.00.15	Технология бурения и освоения скважин	Технические

25.00.16	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	Технические Геолого-минералогические
25.00.17	Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений	Технические
25.00.18	Технология освоения морских месторождений полезных ископаемых	Технические
25.00.19	Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ	Технические
25.00.20	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	Технические
25.00.21	Теоретические основы проектирования горно-технических систем	Технические
25.00.22	Геотехнология (подземная, открытая и строительная)	Технические
25.00.23	Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов	Географические Геолого-минералогические
25.00.24	Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география	Географические
25.00.25	Геоморфология и эволюционная география	Географические Геолого-минералогические
25.00.26	Землеустройство, кадастр и мониторинг земель	Географические Технические
25.00.27	Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия	Географические Физико-математические Технические Химические
25.00.28	Океанология	Географические Геолого-минералогические Физико-математические Технические Биологические
25.00.29	Физика атмосферы и гидросферы	Физико-математические
25.00.30	Метеорология, климатология, агрометеорология	Географические Физико-математические Технические Сельскохозяйственные
25.00.31	Гляциология и криология Земли	Географические Геолого-минералогические
25.00.32	Геодезия	Технические Физико-математические
25.00.33	Картография	Географические Технические Физико-математические
25.00.34	Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия	Географические Геолого-минералогические Технические
25.00.35	Геоинформатика	Геолого-минералогические Географические Технические Физико-математические
25.00.36	Геоэкология (по отраслям)	Геолого-минералогические Географические Технические

УДК проставляется в научной библиотеке.

Аннотация: Композиционно построена по принципу IRMAD (Introduction, Methods, Results and Discussion): Актуальность, цели и задачи исследования. Как проводилось исследование, какие методы использовались. Основные выводы, результаты исследования; каковы перспективы исследования, направления дальнейшей работы. Объем аннотации не менее 100 слов. Разделы «Хроника» и «Юбилей» предоставляются без аннотаций.

Ключевые слова: не менее 10 слов/словосочетаний, они должны быть лаконичными, отражать содержание и специфику рукописи.

Структура статьи:

Введение – постановка рассматриваемого вопроса, краткий обзор научной литературы по теме (ссылки на источники), критика недостатков и преимущества предлагаемого подхода. Обязательна четкая постановка цели работы.

Основная часть работы должна быть озаглавлена, исходя из содержания, разбита на разделы. Разделы должны иметь содержательные названия. Введение, разделы и заключение не нумеруются.

Заключение – приводятся основные выводы по содержательной части работы. Следует избегать простого перечисления предоставленного в статье материала.

Литература приводится под заголовком «Литература». Дополнительно дублируется латиницей по системе Библиотеки Конгресса США (LC), сайт для транслитерации: <http://translit.ru>. Все источники перечисляются по порядку упоминания ссылок в тексте. Для периодических изданий необходимо указать фамилию автора, инициалы, название статьи, название журнала, год издания, том, номер или выпуск, начальную и конечную страницу работы.

Сведения об авторе(-ах) на русском и английском языках даются на отдельной странице:

Ф.И.О. полностью, ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), место работы, должность, почтовый адрес с ИНДЕКСОМ (для пересылки авторского экземпляра иногородним), e-mail, контактный тел. (для мобильной связи с редакцией);

Объем статьи: включая иллюстративный материал и «Литературу», до 24 страниц, хроника и юбилей 1-2 страницы.

Требования к техническому оформлению

- Редактор MS Word, формат А-4, ориентация – книжная, поля – верхн. 2,0 см; нижн. 3,0 см; левое и правое 2,5 см; абзацный отступ – 1,25 см; интервал – полуторный; кегль основного текста – 14, кегль аннотации – 12, шрифт - Times New Roman.

- Сокращения – только общепринятые (и в тексте и таблицах). Все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом их употреблении в тексте. Все таблицы должны иметь заголовки и сквозную нумерацию в пределах статьи, обозначаемую арабскими цифрами (например, таблица 1), в тексте ссылки нужно писать сокращенно (табл. 1). Текст таблицы должен быть напечатан через два интервала. В работах биологического цикла в заголовке и в тексте таблицы даются только латинские названия видов, родов и семейств. Комментарий к таблице должен быть размещен непосредственно под таблицей.

- Формулы должны иметь сквозную нумерацию. Номер пишется в конце строки арабскими цифрами в круглых скобках. Между формулами, выделенными в отдельную строку, и текстом, а также между строками формул следует оставлять пробелы не менее 1,5-2 см.

- Иллюстративный материал (графики, карты, схемы, фотографии) именуется рисунком, имеет сквозную порядковую нумерацию арабскими цифрами и пишется сокращенно (например, рис. 1). Допускаются цветные изображения (графики, диаграммы). Размер рисунка – не менее 40x50 мм и не более 120x170 мм. К рисунку прилагается подрисовочный текст, в который содержит указания размерности приведенных на рисунке величин.

- Ссылки в тексте пишутся в виде номера арабской цифрой, взятой в квадратную скобку.

Предоставление статей в редакцию

Сначала предоставляется электронный вариант статьи (рисунки в формате tiff с разрешением не менее 300 dpi) по электронной почте: **vestnik_geo@mail.ru**.

После устранения всех замечаний в редакцию направляется печатный вариант статьи в двух экземплярах. 2-й печатный экземпляр – без указания имени автора (для слепого рецензирования). Адрес редакции: 677027, г.Якутск, ул. Кулаковского, 42, ГУК, кааб. 401,

Если автор – аспирант, или магистрант, то необходим отзыв руководителя.

При положительной рецензии рукописи публикуются в порядке их поступления в течении 3-6 месяцев.

Окончательное решение о публикации статьи принимает редколлегия.

Плата за публикацию рукописей не взимается.

Статьи, присланные без соблюдения изложенных выше требований, не подлежат рассмотрению.

Серия «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»
ВЕСТНИК СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА им М.К. АММОСОВА
VESTNIK OF NORTH-EASTERN FEDERAL UNIVERSITY
“EARTH SCIENCES” SERIES

Сетевое научное периодическое издание

№ 1(13) 2019

Технический редактор: *А.Н. Егорова*
Компьютерная верстка *Л.М. Винокурова*
Оформление обложки *П.И. Антипин*

Подписано в печать 03.03,2019. Формат 70х108/16.
Дата выхода в свет 03.03.2019.