

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
2015
ТЮМЕНЬ



Арктика, Субарктика:
мозаичность, контрастность,
вариативность криосферы

Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch RAS
Earth Cryosphere Institute of Siberian Branch RAS
Tyumen State Oil and Gas University
FundamentStroyArkos LLC SPA
Gubernia Academia



Arctic, Subarctic: mosaic,
contrast, variability of the Cryosphere
International Conference
Tyumen, Russia
July 2–5, 2015

Arctic, Subarctic: mosaic, contrast, variability of the Cryosphere

International Conference

Proceedings

Edited by Academician V.P.Melnikov
and prof. D.S.Drozdo

Tyumen
EPOHA publishing house
2015

Тюменский научный центр Сибирского отделения РАН
Институт Криосферы Земли Сибирского отделения РАН
Тюменский государственный нефтегазовый университет
ООО НПО «Фундаментстройаркос»
Губернская академия



Арктика, Субарктика: мозаичность,
контрастность, вариативность криосферы
Труды международной конференции
Тюмень, Россия
2–5 июля 2015 г.

Арктика, Субарктика: мозаичность, контрастность, вариативность криосферы

Международная конференция

Труды

Под редакцией академика В.П.Мельникова
и д.г.-м.н. Д.С.Дроздова

Тюмень
Издательство «Эпоха»
2015

ББК 26.3+26.2

УДК 551.34; 502.3; 624.139

А 826

Арктика, Субарктика: мозаичность, контрастность, вариативность криосферы: Труды международной конференции / Под ред. В.П.Мельникова и Д.С.Дроздова. – Тюмень: Изд-во Эпоха, 2015. – 476 с.

Очередная международная конференция по мерзлотоведению и смежным дисциплинам, регулярно проводимая в Пушино (Моск.обл.), Тюмени, Салехарде, Новосибирске посвящена изменчивости криолитозоны и контактирующих с ней сред. В Арктике и Субарктике криосфера контролирует существование и трансформацию всех форм живой и неживой материи, в значительной степени определяет экономическую и технологическую деятельность человека, социокультурные отношения, медико-биологическую обстановку. Климатические флуктуации влияют на животный и растительный мир, ведут к преобразованиям в криосфере. Потепление последних десятилетий вызвало деградацию приповерхностных горизонтов мёрзлых толщ на юге криолитозоны и повсеместную активизацию опасных криогенных процессов, которые разрушают природные ландшафты, представляют опасность для хозяйственных объектов, могут создавать тревожную эпидемиологическую обстановку. Инженерная деятельность в Арктике и Субарктике усугубляет природные риски, и обществу приходится нести существенные затраты по ликвидации накопленного экологического ущерба. Актуальным вопросам пространственно-временной изменчивости, мозаичному строению, сложной ритмике и нестационарной динамике геологической истории многолетней мерзлоты и ландшафтов; а также физическим и химическим процессам в мерзлых горных породах и других криогенных образованиях, строительству сооружений, эксплуатации месторождений, содержанию транспортных систем, ведению сельского хозяйства, обеспечению жизни и здоровья населения Арктики и Субарктики посвящены труды конференции, вошедшие в настоящий сборник.

Редакционная коллегия:

Д.г.-м.н.А.В.Брушков; д.г.-м.н. А.А.Васильев; д.г.-м.н. Я.Б.Горелик; д.г.н. М.Н.Григорьев; к.т.н. Г.М.Долгих; д.г.-м.н. главный редактор Д.С.Дроздов; д.г.-м.н. М.Н.Железняк; проф. С.С.Зилитинкевич (Финляндия); д.б.н. Л.Ф.Калёнова; д.г.-м.н. М.О.Лейбман; д.м.н. В.А.Мальчевский; академик, главный редактор В.П.Мельников; д.г.-м.н. М.А.Минкин; д.г.н. Н.Г.Москаленко; д.х.н. А.Н.Нестеров; д.т.н. В.В.Новосёлов; д.г.-м.н. В.В.Пендин; д.м.н. С.А.Петров; проф. В.Е.Романовский (США); д.г.-м.н. Е.А.Слагода; д.г.-м.н. С.М.Фотиев; проф. С.Харрис (Канада)

Arctic, Subarctic: mosaic, contrast, variability of the Cryosphere: Proceedings of the International Conference/ V.P.Melnikov and D.S.Drozдов (ed.) – Tyumen: Epoha publishing house, 2015. – 476 p. (Russian, English)

Current serial international conference on permafrost and related subjects which is regularly hold in, Pushchino (Moscow reg.), Tyumen, Salekhard, Novosibirsk is devoted to the variability of the cryolithozone and all that contacts with it. In Arctic and Subarctic Cryosphere controls substance and transformation of all forms of living and inanimate matter. Cryosphere substantially determines the economical and technological human activity, social and cultural relations, and biomedical situation. The climatic shifts have influence on both an animal and plant life and leads to transformations of Cryosphere. In the last decade a warming has caused the degradation of the permafrost subsoil in the south of Cryolithozone and the widespread activating of the hazardous cryogenic processes which may have destroyed a natural landscape, which might have posed hazard to human-created objects, and which might have generated the alarming epidemiological situation. The engineering aggravates the natural risks in Arctic and Subarctic. Thus society has to bear the significantly cost of the elimination of accumulated environmental damage. Proceedings which were involved in the presence collection of the Conference touched upon the actual problems such as a spatiotemporal variability, a mosaic construction, an intricate rhythmic and unsteady dynamics of the permafrost and landscapes history, and also the physical and chemical processes in permafrost earth's formations and others cryogenic formations, an engineering, a field exploitation, a maintenance of transport systems, an agriculture, an ensuring life and health of the Arctic and Subarctic peoples.

Editors:

Prof. A.B.Bruskov; prof. A.A.Vasiliev; prof. J.B.Gorelik; prof. M.N.Grigoriev; dr. G.M.Dolgikh; prof. chief editor D.S.Drozдов; prof. M.N.Zhelezniak; prof. S.S.Zilitinkevich (Finland); prof. L.F.Kalenova; prof. M.O.Leibman; prof. V.A.Malchevskiy; academician, chief editor V.P.Melnikov; prof. M.A.Minkin; prof. N.G.Moskalenko; prof. A.N.Nesterov; prof. V.V.Novoselov; prof. V.V.Pendin; prof. S.A.Petrov; prof. V.E.Romanovsky (USA); prof. E.A.Slagoda; prof. S.M.Foteev; prof. S.Harris (Canada)

ISBN 978-5-9906392-0-1

Зарегистрировано в РКП под номером: 15-58453.

© Институт криосферы Земли СО РАН, 2015

© Изд-во Эпоха, 2015, оформление



Криогенные риски арктических территорий

В.П.Мельников,

Тюменский научный центр СО РАН (ТюмНЦ СО РАН), Тюмень

Институт криосферы Земли СО РАН (ИКЗ СО РАН), Тюмень

Тюменский государственный нефтегазовый университет ТюмГНГУ, Тюмень

Д.С.Дроздов

Институт криосферы Земли СО РАН (ИКЗ СО РАН), Тюмень

Российский государственный геологоразведочный университет им. С.Орджоникидзе МГРИ-РГГРУ, Москва

Тюменский государственный нефтегазовый университет ТюмГНГУ, Тюмень

Реферат

Криолитозона Арктики чрезвычайно чувствительна к климатическим изменениям и техногенному вмешательству, особенно если взаимоусиливается приток тепла в геологическую среду и происходит некомпенсированное нарушение естественных покровов. В результате потепления климата последних десятилетий юге криолитозоны России сложились благоприятные условия для оттаивания мерзлоты сверху и замены сезонного протаивания сезонным промерзанием, хотя полного оттаивания всей многолетнемерзлой толщи ММТ (как современной, так и реликтовой) пока не происходит. Сохранение криогенных ландшафтов, а также качества и долговечности сооружений и транспортных систем в высокотемпературной криолитозоне достигается, с одной стороны, за счёт поддержания природных условий теплообмена и сбережения существующих покровов, а с другой – применением термостабилизаторов различной конструкции.

Ключевые слова: Арктическая зона России; криолитозона, потепление климата, техногенное (антропогенное) вмешательство; геоэкология Севера.

Cryogenic Risks at Arctic Territories

V.P.Melnikov

Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch RAS, Tyumen, Russia

Earth Cryosphere Institute SB RAS (ECI SB RAS), Tyumen, Russia

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, Russia

D.S.Drozдов

Earth Cryosphere Institute SB RAS (ECI SB RAS), Tyumen, Russia

Russian State Geological Prospecting University (MGRI-RSGPU), Moscow, Russia

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, Russia

Abstract

Permafrost in the Arctic is very sensitive to climate change and technogenesis, especially in case of their interference reinforcing each heat income into the ground and uncompensated violation of natural cover. As a result of climate warming during recent decades favorable conditions for the thawing of subsurface permafrost appeared in the southern part of Russia cryolithozone. The permafrost table started to descend. Saving cryogenic landscapes, as well as the quality and durability of buildings and transport systems in the high temperature permafrost zone is achieved, on the one hand, due to the conservation of natural environment and of existing heat flux, and on the other hand, due to the use of heat stabilizers of various designs.

Key Words: Russian Arctic regions; climate warming, cryolithozone, technogenic (anthropogenous) factor, geo ecology of the North

Введение

Характеристическая особенность криосферы – её циклическая динамичность – в том числе и непрерывная смена ледниковых эпох и межледниковий разной продолжительности и интенсивности. К теперешнему моменту уже второе столетие длится повышение температуры с градиентом 0,6...0,7°/100 лет, и мерзлота постепенно отступает к полюсам. В российской Арктике особо быстрый подъем температуры пришёлся на 1970-80-е годы. В целом поверхностная криосфера (ледники, морской лёд) и подземная криосфера (вечномерзлые или

многолетнемерзлые толщи ММТ) сосредоточены в основном в Арктике и Антарктике и лишь ограниченно – в горных районах умеренных и низких широт. Т.о. очевидно, что основным сосредоточением вечной мерзлоты, как геологического образования является Арктическая и Субарктическая зоны Северного полушария. Антарктика – это преимущественно зона покровного оледенения горные породы под которым находятся как в мерзлом, так и в талом состоянии. Из атмосферной влаги 90% содержится в тропосфере, частично в твёрдом состоянии [Мельников 2014, Мельников Дроздов Малкова 2009].



Накапливающиеся в последние годы данные говорят что реальная глубина проникновения криогенных процессов существенно глубже нулевой изотермы – это глубина распространения в литосфере и в океанах газовых гидратов, создающих горизонты положительно-температурной криолитозоны, которая контролируется от палео- и современными термобарическими условиями. Подавляющая часть газовых гидратов приурочена к акваториям – океанам, морям, глубоководным озёрам типа Байкала.

Благодаря журналистам и политикам проблема глобальных изменений стала больше спекулятивной, чем научной, а катастрофические «прогнозы» выжигającego потепления и нового ледникового периода сменяют друг друга раз в 20-25 лет [Ponte 1976, Гор 2007, Ледовое побоище 2009]. Сейчас север ещё не прогрелся до уровня пика тепла, который наблюдался в 1935-1942 гг., а богатый углеводородами полярный регион вновь стал ареной старых взаимных территориальных притязаний арктических государств. Отстаивая свои интересы, Россия приложила колоссальные усилия для обоснования геологических структур подводного хребта Ломоносова в Северном Ледовитом океане как продолжения российского арктического шельфа.

Природные риски

В Российской Федерации криолитозона занимает 2/3 территории. Это северные и северо-восточные регионы России, в пределах которых приповерхностная часть земной коры частично или полностью представлена отрицательнотемпературными горными породами, содержащими ледяные включения. Выделяется зона сплошной (>90% площади), прерывистой (50-90%), островной (10-50%) и редко островной (<10%) мерзлоты. Мощность от первых десятков метров до многих сотен метров (рис.1). Специфическим образованием являются так называемые реликтовые многолетнемерзлые породы, залегающие на глубине сотни метров ниже современных ММТ, часто отделенные от них горизонтами талых (межмерзлотных) пород и простирающиеся гораздо дальше на юг.

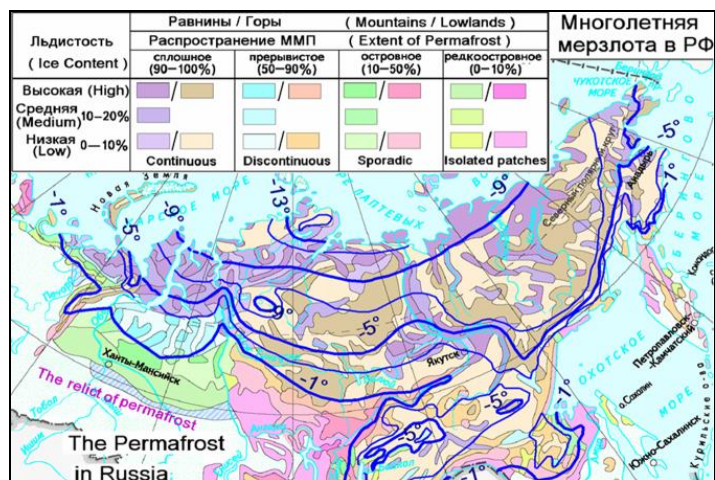


Рис.1. Распространение, льдистость и температура многолетнемерзлых пород в России
[by E.S.Melnikov, K.A.Kondratieva, G.F.Gravis]

Основными характеристиками ММТ являются генезис, мощность, сплошность распространения, температура, льдистость, литологические и теплофизические свойства грунтов, экзогенные геологические процессы. Засоленность грунтов часто определяет состояние пород при отрицательных температурах и образование в них т.н. криопегов. С мерзлыми породами связан сложный комплекс процессов. Техногенное воздействие как правило резко ускоряет деструктивные экзогенные геологические процессы, доводя их до катастрофической активности, особенно, если происходит деградация сильнольдистых рыхлых горных пород или вытаивание так называемого ледового комплекса и пластовых льдов (рис.2 и 3). Обычно геокриологический фактор осложняет хозяйственную деятельность, но в чём то мерзлота выступает как фактор благоприятный, слагая надежные основания, образуя водоупоры, снижая миграционную активность загрязняющих веществ.

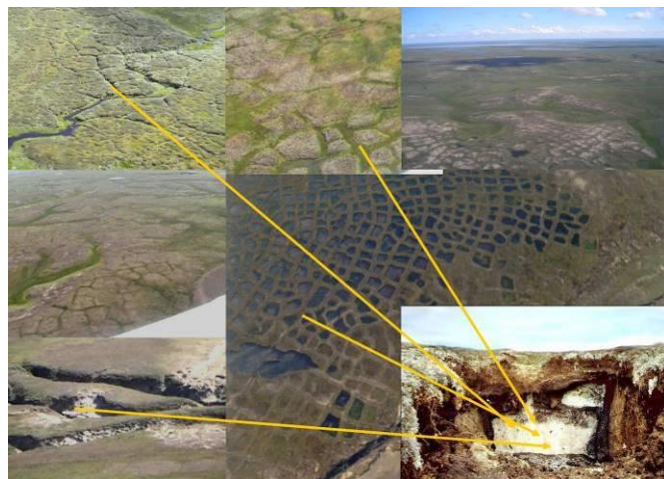


Рис.2. Сингенетически мерзлые породы. Повторно-жильные льды: верхняя часть клина льда шириной ~3 м и высотой ~8-10 м (врезка в правом нижнем углу); многочисленные формы полигонального рельефа по повторно-жильным льдам, в т.ч. освоенные эрозией и термоэрозией. Повторно-жильные льды редко слагают т.н. "ледовый комплекс" с объемной макрольдистостью 50-80%.



Рис.3. Пластовые льды – пласт льда мощностью несколько метров практически непосредственно под грунтами деятельного слоя (фото Д.С.Дроздова)





Рис.4. Образование термоцирка на месте вытаявающего пластового льда (фото Д.С.Дроздова)

Развитие учения о геосистемах и теоретических представлений о закономерностях трансформации криосферы [Общее... 1978, Ландшафты криолитозоны... 1983] стали основой обновления подходов к картированию и к составлению нормативной базы проектно-изыскательных работ. Однако сделанные разработки используется не везде и не всегда, за что природа расплачивается повсеместным образованием "бедлендов". Аномально теплыми оказались 2007-08 и 2012-14 годы, и геоэкологический мониторинг показал, как на это прореагировала вечная мерзлота и ландшафты в целом [Васильев Дроздов Москаленко 2008, Украинцева и др. 2011, Пономарева Гравис Бердников 2012]:

- активизировались криогенное растрескивание и рост повторно-жильных льдов (см.рис);
- увеличилась пучинистость грунтов;
- активизировались процессы термокарста и термоденудации; увеличилось количество криогенных оползней и интенсифицировалась солифлюкция;
- увеличались темпы термоэрозии (рис.4) и оврагообразования;
- в лесотундровых ландшафтах повсеместно наблюдается опускание кровли мерзлоты и формирование обширных надмерзлотных таликов, принципиально изменяющих тепло-влагообмен, гидрогеологические условия, несущую способность грунтов;
- резко увеличились площади выгорания бореальных лесов с последующей трансформацией ММТ;
- разрушаются льдистые берега (скорость отступания берега до 15 м/год вместо обычных 0,5-2 м/год).

Техногенные риски

Эти естественные процессы на огромных территориях усиливаются хозяйственной деятельностью человека, особенно при строительстве линейных сооружений большой протяженности [Пендин Ганова 2009]. Очаговый характер освоения начинает сменяться фронтальным. Растет аварийность геотехнических систем. Это выпучивание колон, каркасов зданий, термокарстовые просадки, различные деформации сооружений и объектов. Вдоль трубопроводов (а также дорог) происходит заболачивание и подтопление и как следствие – всплывание труб. Автомобильные и

железные дороги приобретают волнистый продольный профиль, здания разрушаются и деформируются (рис. 3, 4). Во многом это связано с экономией на изыскания, устаревшими стандартами, нарушением режима эксплуатации.



Рис.5. Выпучивание трубопровода с последующей осадкой поверхности под ним (фото Я.В.Пановой)



Рис.6. Норильск. Деформированный криогенными процессами фундамент разобранных секций 9-этажного здания (фото Д.С.Дроздова)

Всё это протекает не смотря на то, что технологии безопасного хозяйствования и давно разработаны, и совершенствуются. С конца 40-х годов XX века атмосферный холод используется для температурной стабилизации грунтов оснований фундаментов с помощью сезонно-действующих охлаждающих установок и систем. Часто удаётся обойтись без дополнительных энергозатрат: по тонким трубам, заполненным газом (аммиак, CO₂) и помещенным в скважину или уложенным в грунте горизонтально,

"зимний холод" под действием гравитационной конвекции "опускается" вглубь, охлаждая окружающие скважину породы, в то время как летом циркуляции нет и теплообмен с поверхностью прекращается. При недостаточной эффективности может подключаться принудительное охлаждение и циркуляция (рис.7) [Долгих и др. 2012].



Рис.7. Горизонтальные охлаждающие элементы в основание емкостей резервуарного парка (фото "Фундаментстройаркос")

Заключение

Криолитозона Арктики чрезвычайно чувствительна к климатическим изменениям и техногенному вмешательству, особенно если взаимоусиливается приток тепла в геологическую среду и происходит некомпенсированное нарушение естественных покровов. Потепление климата последних десятилетий способствовало повышению температуры верхних горизонтов мерзлых толщ во многих районах Севера. При этом на юге криолитозоны России сложились благоприятные условия для оттаивания мерзлоты сверху и замены сезонного протаивания сезонным промерзанием, хотя полного оттаивания всей ММТ (как современной, так и реликтовой) пока не происходит.

Осуществление в едином комплексе мониторинга криолитозоны и климата показывает, что развитие глобального потепления климата в рамках умеренного сценария не приведет в XXI в. к повсеместной деградации многолетнемерзлых пород. Обсуждаемая проблема нуждается в дальнейшем комплексном изучении, особенно в части оценок и прогноза развития криогенных геологических процессов в условиях меняющегося климата.

Сохранение качества и долговечности сооружений и транспортных систем в высокотемпературной криолитозоне достигается применением термостабилизаторов различной конструкции, что уже давно практикуется в России, на Аляске и китайском Тибете. В сочетании с теплоизолирующими и дренирующими диатомитовыми материалами эффективность термостабилизаторов кардинально повышается.

Открытие новых веществ, материалов, технологий на базе и для нужд связанных с криолитозоной производств, обязывает ученых и специалистов разных профессий направить свой поиск на раскрытие тайн холодного мира, выявление новых, тающих в мерзлоте ресурсов и минимизацию рисков, связанных с высокой динамичностью процессов в Арктической криолитозоне России, как при потеплении, так и при похолодании климата, а также при техногенных воздействиях.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Фундаментальных программ VIII.75.1 и VIII.77.2, интеграционных проектов СО РАН – ДВО РАН № 9 и СО РАН № 144, ОНЗ РАН № 12, госзаданий Минобрнауки № 9093 и № 1082, грантов Президента РФ НШ-5582.2012.5, РФФИ-РГО-13-05-41509 РГО, РФФИ 13-05-00811, 13-08-91001-АНФ-а, 14-05-00956, 15-55-71004\15, международных программ TSP, LCLUC, CALM, GTN-P, SWIPA, Администрации ЯНАО.

Литература

- Васильев А.А., Дроздов Д.С., Москаленко Н.Г. Динамика температуры многолетне-мерзлых пород Западной Сибири в связи с изменениями климата – Криосфера Земли, 2008, Том XII, № 2, с. 10-18.
- Гор А. Неудобная правда: Глобальное потепление; как остановить планетарную катастрофу. – М.: Амфора, 2007. – 320 с.
- Долгих Г.М., Окунев С.Н., Стрижков С.Н. Строительство объектов в криолитозоне с использованием инновационных систем термостабилизации грунтов оснований // Десятая Межд. конф. по мерзлотоведению (TICOP). Т.3. – Тюмень: Печатник, 2012, с.153-157.
- Ландшафты криолитозоны Западной-Сибирской газоносной провинции / Под ред. Е.С. Мельникова. – Новосибирск: Наука, 1983. – 165 с.
- Ледовое побоище: Арктический шельф в мировой политике и экономике XXI века. – М.: Трибуна, 2009. – 272 с.
- Мельников В.П. К созданию цельного образа криосферы. // Криосфера Земли, 2014, Т.XVIII, № 4, с. 3-12.
- Мельников В.П., Дроздов Д.С., Малкова Г.В. Климатические и криогенные факторы обустройства северных территорий // Геология и разведка, 2009, № 6, с.75-82.
- Общее мерзлотоведение (геокриология) / Под ред. В. А. Кудрявцева. – М.: Изд-во МГУ, 1978, 464 с.
- Пендин В.В., Ганова С.Д. Геоэкологический мониторинг территорий расположения объектов транспорта газа в криолитозоне – М.: ОАО «ПНИИИС», 2009, 236 с.
- Пономарева О.Е., Гравис А.Г., Бердников Н.М. Динамика криогенных процессов в северной тайге Западной Сибири в условиях меняющегося климата // Десятая Межд. конф. по мерзлотоведению (TICOP). Т.3. – Тюмень: Печатник, 2012, с.431-436
- Украинцева Н.Г., Дроздов Д.С., Попов К.А., Гравис А.Г., Матышак Г.В. Ландшафтная индикация локальной изменчивости свойств многолетнемерзлых пород (Уренгойское месторождение, Западная Сибирь). // Криосфера Земли, 2011, Т.XV, №4, с.37-40.
- Ponte L. The Cooling. Prentice-Hall. – Englewood Cliffs, New Jersey, 1976. 306 p.

