

**16+**  
**ISSN 2410-1087**  
**№ 1(4)**  
**2016**

**АРКТИКА. XXI век. Естественные науки**

Информационно-научное издание

**Учредитель**

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова

**Главный редактор**

*М.Ю. Присяжный*

**Редактор выпуска**

*Ю.Г. Данилов*

**Редакционная коллегия:**

*С. Гадаль (Университет Экс-Марсель, Франция),  
Я. Колейка (Университет им. Масарика, Чехия),  
А.Н. Николаев, П.Г. Петрова, Ф.А. Платонов, М.Ю. Присяжный, Г.Н. Саввинов (СВФУ)*

**Ответственный секретарь**

*В.Ю. Кузин*

**Технические секретари:**

*Д.И. Осипов, И.А. Матвеев*

**Адрес редакции:**

677000, г. Якутск, ул. Белинского, д. 58,  
СВФУ, УЛК (учебно-лабораторный корпус), каб.508.  
sakhaarctic@gmail.com www.arcticjournal.s-vfu.ru

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-54131 от 17 мая 2013 г.

© Северо-Восточный федеральный университет, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

К читателю (Присяжный М.Ю.) .....	3
-----------------------------------	---

### ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

<b>Данилов Ю.Г.</b> Физико-географический подход к выделению арктической зоны в Якутии .....	4
--	---

### ГЕОЭКОЛОГИЯ

<b>Гуков А.Ю.</b> Угрозы прибрежным экосистемам при освоении арктических шельфовых месторождений .....	10
--	----

### МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ

<b>Kenji Yoshikawa, Dmitry Osipov, Sergei Serikov, Julia Stanilovskaya, Leonid Gagarin, Alexander Kholodov, Peter Permyakov.</b> Traditional Ice Cellars (Lednik, Bulus) in Yakutia: Characteristics, Temperature Monitoring, and Distribution .....	15
<b>Tomoki Morozumi.</b> Vegetation on the Pingo in the Central Yakutia .....	23
<b>Гаврильева Т.Н., Ноговицын А.В.</b> Влияние программ энергоресурсосбережения на динамику эмиссии углерода в Республике Саха (Якутия) .....	29

### СОБЫТИЯ, ПРОЕКТЫ, ГРАНТЫ

<b>Федоров С.Е.</b> К 220-летию адмирала П.Ф. Анжу (1797-1869) .....	43
--	----

## К ЧИТАТЕЛЮ

Представляем вашему вниманию очередной номер журнала «Арктика. XXI век. Естественные науки» 2016 г. Этот выпуск является частью крупного информационного проекта Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова «Новый мир Арктики», посвященного широкому кругу вопросов изучения и исследования Арктики.

Данный номер включает в себя четыре рубрики: «Физическая география», «Геоэкология», «Мерзотоведение», «События, проекты, гранты». В журнале поднимается широкий круг вопросов, связанных с исследованиями природы и землепользованием Севера и Арктики, которые изучаются и рассматриваются в статьях журнала с разных сторон и разными методами.

Необходимо отметить, что в данном выпуске журнала продолжается традиция международного научного сотрудничества – в рубрике «Мерзотоведение» публикуются работы участников летней школы Университета Арктики «Роль мерзлотной зоны в глобальном изменении». Проведена она была при участии молодых исследователей из ряда стран (США, Китая, Германии, Индии, Норвегии, Великобритании, Японии, России), а также профессоров и ученых Университета Аляски, Университета Хоккайдо, Техасского университета, Института биологических проблем криолитозоны СО РАН и СВФУ.

*Главный редактор*  
**М.Ю. Присяжный**

## ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

УДК 911.6

Ю.Г. Данилов<sup>1</sup>

### ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫДЕЛЕНИЮ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ В ЯКУТИИ

#### PHYSIOGEOGRAPHIC APPROACH TO ALLOCATION OF THE ARCTIC ZONE IN YAKUTIA

*Несмотря на Указ Президента РФ от 2 мая 2014 года, определение границы российской Арктики является актуальной проблемой. Продолжаются дискуссии не только о границах, но и критериях выделения российской Арктики. В данной статье рассматриваются физические и географические основы выделения российской Арктики и рассматривается предложение о включении 15 районов Республики Саха (Якутия). Предложение базируется на основе учета природных показателей, а именно: морозных температурных характеристик, индекса холодного ветра, глубины протаивания вечной мерзлоты, горного характера рельефа, интегрального компонента естественного дискомфорта жизни и окружающей среды и т.д.*

**Ключевые слова:** Арктика, Арктическая зона Российской Федерации, климат, районирование, полярный круг, морозный индекс, сумма отрицательных температур, улус

*In spite of the Presidential Decree of 2 May 2014 defining the boundaries of the Russian Arctic is an urgent problem. Discussions continue not only borders, but also the criteria for selection of the Russian Arctic. This article discusses the physical and geographical bases of the Russian Arctic and allocation proposed the inclusion of 15 areas of the Republic of Sakha (Yakutia). The proposal is justified on the basis of consideration of natural indicators, namely: freezing temperature characteristics, wind chill index, depth of thawing permafrost, mountain type of relief, an integral component of the natural discomfort of life and the environment, etc.*

**Keywords:** Arctic, arctic zone of Russia Federation, climate, division into districts, polar circle, wind-colder index, sum of subzero temperatures, ulus

Определение границ Арктики или как теперь принято называть Арктической зоны. Надо сказать, что понятие «Арктическая зона Российской Федерации» (АЗРФ)

<sup>1</sup> Данилов Юрий Георгиевич – к.г.н., доцент Северо-Восточного федерального университета, г. Якутск. E-mail: dan57sakha@mail.ru

Danilov Yu.G. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University

в значении, определённом в документе «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу», сегодня, с учетом вызовов времени, не полностью отражает перечень входящих в Арктическую зону России административных и муниципальных образований.

Согласно приложения к Указу Президента РФ от 2 мая 2014 года также определены сухопутные границы арктической зоны Российской Федерации. К сожалению, и по не вполне понятным причинам в АЗРФ включены территории только 5 районов (улусов) Республики Саха (Якутия): Аллаиховского, Анабарского национального (Долгано-Эвенкийского), Булунского улуса, Усть-Янского, Нижнеколымского. При этом перед подписанием данного Указа проводилась большая подготовительная работа, в том числе и с участием представителей РС (Я). Не будем разбираться в коллизиях административно-политической работы, она хорошо освещена в литературе [3, 4], а попытаемся показать, что по многим природным показателям территории других муниципальных образований (МО) РС(Я) должны быть включены в АЗРФ. Справедливости ради необходимо отметить, что многие авторы, в том числе и М.А. Жуков [2, 3], поддерживают мнение о том, что методика выделения АЗРФ не совершенна и предлагают включить в нее еще 8 (Абыйский, Верхнеколымский, Верхоянский, Жиганский, Момский, Оленекский, Среднеколымский, Эвено-Бытантайский районы) и даже до 11 (дополнительно к перечисленным Кобяйский, Оймяконский и Томпонский районы) МО РС (Я).

Научное определение и нормативно-правовое закрепление сухопутной территории Арктической зоны России и ее южной границы все еще остаются проблемой. Так, Институтом географии РАН была предложена классификация территорий по степени природной дискомфортности, и для России выделены шесть природно-климатических зон.

Учеными Сибирского отделения РАН для определения степени дискомфортности Российского Севера предложены следующие факторы: сумма отрицательных температур воздуха, характер распространения мерзлоты, глубина залегания верхней поверхности ММП, мощность мерзлоты, температура мерзлых пород на глубине 20 м и т.д. [6]. Институтом региональной экономики Республики Саха (Якутия) определены 24 показателя, сгруппированные в природно-климатические, экономико-географические, социально-экономические группы и отражающие факторы риска, связанные с условиями проживания населения, удорожанием экономических условий жизнедеятельности и стоимости жизни. В итоге предложенная система индикаторов выявила целесообразность разделения территории Севера России на три широтные зоны (Арктика, Дальний Север, Ближний Север) и вычленения в них четырех меридиональных секторов (Европейская, Западно-Сибирская, Восточно-Сибирская и Дальневосточная).

В физической географии традиционно под термином «Арктика» понимается акватория и территория арктического климатического пояса, включая северный остров Новой Земли, северную половину Ямала и практически весь Гыданский полуостров,

весь Таймыр и север Северо-Сибирской низменности (по 72° с.ш.), в том числе территорию Якутии до долины р. Лена; восточнее р. Лена граница проходит практически вдоль 70° с.ш., восточнее долины р. Алазея уходит немного на юг и выходит вдоль полярного круга к мысу Дежнева. Позднее в Арктику стали включать и территорию субарктического пояса. Южная граница в этом случае проходит по северу Кольского полуострова, далее по полярному кругу до долины Енисея, восточнее ее чуть севернее широтного течения р. Нижняя Тунгуска до Туры, пересекает долину р. Лена у Жиганска, далее опускается вдоль Лены и нижнего течения р. Алдан до устья р. Аллах-Юнь и следует вдоль 60° с.ш. почти до побережья Охотского моря и после пересечения р. Яна резко поднимается на северо-восток вдоль побережья Гижигинской губы, пересекает Пенжинскую губу чуть южнее полуострова Елистратова и основание полуострова Камчатка у 60° с.ш.

Эта граница наиболее близка к линии северного полярного круга, опускаясь немного южнее его лишь в пределах достаточно высоких плато (Сыверма, Привиллюйское и в горной части северо-востока Сибири), что и понятно в связи с проявлением высотной поясности, обусловленной более низкими температурами в горах.

Астрономическая граница Арктики, совпадающая с линией северного полярного круга, является у разработчиков закона об Арктике, одной из определяющих. Объясняется это вполне понятными и объективными причинами. Значительные изменения длины светлого и темного времени суток, наличие периодов полярного дня и полярной ночи сказывается на психологическом состоянии, вызывают нарушения биологических ритмов. Недостаток ультрафиолетового излучения в зимний период и его избыток в летний влияет не только на психику, но и на физическое состояние. Как известно, магнитные бури и озоновые «дыры» также формируются в высоких широтах.

Но основное влияние, конечно, оказывает климат. Резко континентальный климат на большей части Якутии характеризуется очень низкими зимними температурами. Выглядит несколько нелепым, что так называемый «Полюс холода» северного полушария, а на это звание претендуют два населенных пункта: Верхоянск и Оймякон, не включены в АЗРФ, и даже в проекте Постановления Правительства РФ, где предложено включить 13 МО РС(Я), последний также не фигурирует. Но дело не в брэндах, а в том, что в таких суровых условиях живут люди, которым отказано называться жителями Арктики и пользоваться, хоть и небольшими, но льготами. К слову отметим, что в настоящее время в пяти районах, включенных в АЗРФ, по данным переписи 2010 года, проживает 24396 человек, в 13, предлагаемых Правительством РС(Я) – 71 060 чел., а в двух, дополнительно, предлагаемых нами – 24208 чел., т.е. всего в 15 районах – 95268 чел.

Большая часть (11) из перечисленных выше 13 районов (улусов) соответствуют критерию, согласно которому их территории должны большей своей частью располагаться севернее линии северного полярного круга. Только территории

Момского и Верхнеколымского районов частично соответствуют этому критерию, но в данном случае нужно учесть горный рельеф территории и климатические особенности.

По нашему мнению в АЗРФ необходимо включить не только эти два района, но еще Оймяконский и Томпонский. Климатические условия в этих районах также очень суровы, аналогичны более северным. Кроме того, горный рельеф, наличие межгорных котловин, в которых в основном, сосредоточены населенные пункты, преобладание антициклонального типа погоды – все это способствует формированию в зимнее время крайне жестких морозных погод. Что касается Кобяйского района, который некоторые авторы также предлагают включить в АЗРФ, то хоть и большая часть территории расположена в горной местности, но более заселенная его часть располагается на Центрально-Якутской равнине, в климатических условиях, аналогичных другим районам Центральной Якутии [7]. На наш взгляд о включении в АЗРФ, можно говорить только о двух населенных пунктах этого района – Себен-Кюель и Сеген-Кюель, расположенных в горной местности, но в этом случае нарушается принцип включения только целостных территориально-административных или муниципальных образований.

Так, в работе Жукова М.А. [3] указывается, что ведущими критериями должны быть:

а) целостные природно-хозяйственные территориальные комплексы арктического и субарктического облика, транспортная система которых в существенной мере связана с арктическими морскими акваториями, а также портами, расположенными в нижних течениях впадающих в них северных рек;

б) целостные территориальные административные или муниципальные образования, в отношении которых осуществляется регулярное государственное статистическое наблюдение;

в) линия Северного полярного круга, как критерий, соответствующий изначальному содержанию понятия «Арктика» и отражающий наиболее специфические именно для Арктики факторы негативного воздействия среды на человеческий организм;

г) примерное соответствие САФФ-границе.

Говоря о предлагаемых 15 районах (улусах) Республики Саха (Якутия), отметим, что их территории соответствуют критериям А, В и D, полностью и частично – критерию С.

Возвращаясь к особенностям климата этих территорий следует отметить, что по всем показателям они соответствуют предъявляемым критериям. Наиболее показательными являются **температурные** характеристики:

– сумма средних суточных температур за период с устойчивой температурой воздуха ниже 0 С° (во всех предлагаемых районах ниже – 6000С°);

– продолжительность периода с температурами ниже -30С° – более 45 суток.

Как это хорошо видно, не только прибрежные, но и лежащие к югу от них улусы Республики Саха (Якутия) находятся в эпицентре самых жестких зимних температур

во всей Арктической зоне России. Весьма показательны и опосредованные температурные характеристики, демонстрирующие нахождение всех заполярных и приполярных улусов Республики Саха (Якутия) в наиболее суровой части Арктической зоны России, например:

– индекс влажного ветрового охлаждения Хилла, или индекс суммарного ветрохолодового воздействия, предложенный В.Г. Воловичем [1];

– продолжительность отопительного периода. Не столь показательна так как не учитывает интенсивность отопления. Например, в Якутске температура теплоносителя в трубах отопления 80-100°C, практически в весь период отопления;

– глубина оттаивания вечной мерзлоты. Влияет не только на строительство и дороги, но и на инфраструктуру, прокладку коммуникаций. Все это в свою очередь, имеет последствия в виде не только удорожания основных работ, но и затрат на ремонт, обслуживание.

Демонстрирует эту закономерность и интегральная карта влияния природных условий территории Российской Федерации на условия жизнедеятельности населения. Наиболее обоснованной выглядит позиция специального представителя Президента Российской Федерации по вопросам климата А.И. Бедрицкого [4], подтвердившего обоснованность включения в состав Арктической зоны России всех 13 заявленных (по нашему предложению – 15) республикой улусов. Названные улусы по большому ряду показателей природной среды вместе с соседствующими Таймыром и Чукоткой находятся в зоне наибольшей дискомфортности условий жизнедеятельности и хозяйствования.

«Почему в соответствии с этим принципом в Арктическую зону, например, включают приморские муниципалитеты Карелии (безусловно северные, но даже не приполярные и никогда никакими географами не рассматривавшиеся, как арктические) и не включают в Арктику заполярные (целиком или частично) улусы Республики Саха (Якутия) при просто не сопоставимой разнице в уровне суровости природной среды, что хорошо видно на приведенных картахосхемах», – справедливо отмечает М.А. Жуков [2].

## Литература

1. Волович, В.Г. Человек в экстремальных условиях природной среды / В.Г. Волович. – Москва : Мысль, 1980. – 192 с.

2. Жуков, М.А. Проблемы нормативно-правового закрепления Арктической зоны Российской Федерации / М.А. Жуков, В.Н. Крайнов // Новый Дальний Восток. Спец приложение «Русская Арктика». – 2008. – Сентябрь. (приложение к электронному журналу «Вестник ДФО»). URL: [http://www.ilovekemc...arctic\\_dfo.pdf](http://www.ilovekemc...arctic_dfo.pdf). (дата обращения: 1.10.2016)

3. Жуков, М.А. Проблемы выделения Арктической зоны Российской Федерации на территории Республики Саха (Якутия) / М.А. Жуков, В.Н. Крайнов, Н.А. Кадашова //

«Арктика сегодня»: информационно-аналитический портал. URL: <https://arcticregion.ru/index.php/rajonirovanie-arktiki/23-problemy-vydeleniya-arkticheskoy-zony-rossijskoj-federatsii-na-territorii-respubliki-sakha-yakutiya>. (дата обращения: 1.10.2016)

4. Письмо Правительства РС (Я) в адрес Минрегиона РФ от 28 августа 2013 года №748-ПЗ.

5. Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. URL: [www.minregion.ru/uploads/attachment/documents/.../200313\\_2.doc](http://www.minregion.ru/uploads/attachment/documents/.../200313_2.doc). (дата обращения: 1.10.2016)

6. Харитонов, И.А. Трансформация государственной социально-экономической политики на Севере / И.А. Харитонов, В.Н. Вижина // Регион. Экономика и социология. – 2004. – №2. – С. 164–176.

7. Шепелёв, В.В. Мерзлотные факторы районирования Севера России / В.В. Шепелёв, С.И. Заболотник, В.В. Куницкий, М.М. Шац // Районирование (зонирование) Севера Российской Федерации. – Якутск : Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2007. – С. 14–26.

## References

1. Volovich, V.G. The man in the extreme conditions of the environment. – Moscow : Мысл, 1980. – 192 p.

2. Zhukov, M.A, Kraynov, V.N. Problems of regulatory consolidation Arkticheskoy Rociyckoy Federation zone // New Far Eastern. Spec. application “Rucckaya Arctic”. The St. 2008 (annex to the electronic magazine “Vectnik DFO.”). URL: [http://www.ilovekemc...arctic\\_dfo.pdf](http://www.ilovekemc...arctic_dfo.pdf).

3. Zhukov, M.A, Kraynov, V.N., Kadashova, N.A. Allocation problems Arctic zone Russian Federation within Respubliki Caha (Yakutia) // “The Arctic Today” Information-analytical portal // Electronic resource. URL: <https://arcticregion.ru/index.php/rajonirovanie-arktiki/23-problemy-vydeleniya-arkticheskoy-zony-rossijskoj-federatsii-na-territorii-respubliki-sakha-yakutiya>.

4. Letter from the Government of RS (Ya) to the Ministry of Regional Development of the Russian Federation from 28 august 2013 №748-P3.

5. The development strategy of the Arctic zone of the Russian Federation and national security for the period until 2020. URL: [www.minregion.ru/uploads/attachment/documents/.../200313\\_2.doc](http://www.minregion.ru/uploads/attachment/documents/.../200313_2.doc).

6. Kharitonova, I.A. The transformation of the state socio-economic policy in the North / I.A. Kharitonova, V.N. Vizhina // Region. Economics and Sociology. – 2004. – No 2. – P. 164-176.

7. Shepelev, V.V. Permafrost factors zoning Russian North / V.V. Shepelyov, S.I. Zabolotnikov, V.V. Kunitsky, M.M. Schatz // Zoning North Russian Federation. – Yakutsk : Publishing House of the Institute of Permafrost of SB RAS, 2007. – P. 14-26.

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 574.502.3

А.Ю. Гуков<sup>1</sup>

### УГРОЗЫ ПРИБРЕЖНЫМ ЭКОСИСТЕМАМ ПРИ ОСВОЕНИИ АРКТИЧЕСКИХ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

#### THREATS TO THE COASTAL ECOSYSTEMS OF ARCTIC OFFSHORE FIELDS

*Моря, омывающие территорию Якутии, в частности Булунского района, имеют особо высокий риск загрязнения прибрежных экосистем из-за возможных катастрофических разливов нефти. Реальная угроза экосистемам существует для прибрежных отмелей, кормовых угодий сиговых рыб, донных организмов и планктона.*

**Ключевые слова:** зообентос, экосистема, биоценоз, шельф, мониторинг, нефть.

*The seas surrounding the territory of Yakutia, including Bulun district, have especially high risk of contamination of coastal ecosystems possible catastrophic oil spills. The real threat to the ecosystem exists coastal shallows, forage land whitefish, benthic organisms and plankton.*

**Keywords:** zoobenthos, ecosystem, biocenosis, shelf, monitoring, oil.

Компания «Роснефть» совместно с американской компанией Exxon Mobil провела в 2014 году сейсморазведочные работы на Анисинско-Новосибирском и Усть-Оленекском лицензионных участках в акватории моря Лаптевых. Далее работы будут производиться на Усть-Ленском участке к северу от дельты Лены и Восточно-Сибирском участке к востоку от Новосибирских островов. Эта акватория находится в 30 километрах от территории ресурсного резервата «Лена – Дельта», островов Жохова и Вилькицкого, мест концентрации морских млекопитающих – белых медведей, моржей, тюленей и морских птиц. Влияние человека на биоту проявляется как напрямую (в виде браконьерства, фактора беспокойства), так и косвенно (в виде грязных вод, химического загрязнения, мусора, приносимого рекой). У некоторых видов животных наблюдается значительное снижение численности или сокращение ареала, что относится к таким крупным млекопитающим, как лаптевский морж, белый медведь, некоторым видам птиц из отряда гусеобразных (гуси, чирок-клоктун, сибирская гага и др.), из рыб – к нельме, муксуну, стерлядевидному осетру, чиру. За последние 20 лет численность гусей сократилась в 3 раза. Запасы муксуна в Лене, по сравнению с довоенным периодом, сократились более чем в 155 раз, нельмы – в 17 раз [1].

<sup>1</sup> Гуков Александр Юрьевич – доктор биологических наук, Якутское управление по гидрометеорологии и мониторингу среды, г. Тикси. E-mail: sgukov@mail.ru

Gukov A.Yu. – Doctor biological Sciences, Hydrometeorological Department, Tiksi.

Биомасса зоопланктона в мелководной части шельфа моря Лаптевых (в заливе Булункан бухты Тикси) в 2008 г. изменялась с 0,87 мг/л в октябре до 0,36 мг/л. в августе. Максимум значений наблюдался 10 августа. В 2009 г. после мероприятий по очистке дна от затонувшей древесины диапазон изменения значений этого показателя составлял с 0,89 до 0,86 мг/л. В конце августа 2009 г. был зарегистрирован максимум значений численности. Значения биомассы зоопланктона увеличились, это свидетельствует об относительном улучшении условий существования зоопланктеров.

Плотность поселения донной фауны в течение периода отбора проб в 2008 г. изменялась от 175,8 экз./м<sup>2</sup> до 711 экз./м<sup>2</sup>. Максимум значений наблюдался 10.08.2008. В 2009 г. диапазон значений этого показателя изменился – с 630 до 1240 экз./м<sup>2</sup>. Биомасса зообентоса в течение периода отбора проб в 2008 г. изменялась с 5,83 г/м<sup>2</sup> до 30,4 г/м<sup>2</sup>, в 2009 г. – с 25,7 г/м<sup>2</sup> до 35,6 г/м<sup>2</sup>.

Тревожная экологическая обстановка в мелководном заливе Булункан – результат воздействия целого комплекса негативных факторов: портовых и строительных работ на берегах, сброса в прибрежную (литоральную) зону стоков, мусора и т.д., судоходства и рыболовства. Большую роль играет загрязнение вод фенолами, затонувшей древесиной и древесными остатками [2]. Угнетающее воздействие на бентос оказывают и повышенные концентрации загрязняющих веществ.

На примере залива Булункан можно видеть, что устойчивость водных экосистем постепенно возрастает от прибрежной зоны в сторону моря. В целом же устойчивость биоценозов мелководий в заливе Булункан к воздействию антропогенных факторов весьма низкая, что определяется экстремальностью и резкими изменениями (флуктуациями) водной среды.

Концентрации загрязняющих веществ снижаются по мере удаления от устьев проток дельты р. Лена в сторону моря и с возрастанием глубины моря. В отдельные периоды залповые поступления с речным стоком в устье р. Лена загрязняющих веществ, в том числе, сульфидов и хлоридов, приводят к колебаниям численности и биомассы зоопланктона и мобильной части бентоса [3]. Сейсморазведка отличается гораздо более быстрыми и масштабными последствиями для экосистем по сравнению с обычными антропогенными воздействиями и вызывает две серьезные угрозы. Первая угроза связана с влиянием на состояние и биоразнообразие эстуарных и береговых экосистем важнейшей особо охраняемой природной территории в арктической зоне Якутии – Усть-Ленского заповедника. Российское законодательство запрещает на территориях заповедников любую деятельность, которая может нанести ущерб природным комплексам и объектам растительного и животного мира. ГПЗ «Усть-Ленский» расположен в дельте Лены и занимает огромную полосу побережья моря Лаптевых. Вся устьевая область Лены, зона взаимодействия реки и моря, является уникальным природным комплексом. При разработке проекта не вполне были учтены гидрометеорологические и экологические условия акваторий, планируемых для сейсморазведки. Суровые климатические условия определяют специфические черты прибрежных арктических экосистем, находящихся в состоянии нестабильно-

го равновесия: бедность видового состава, короткие трофические цепи, отчетливо выраженный колебательный режим производства органического вещества. Воды арктических морей вместе с тем характеризуются замедленным протеканием в них естественных процессов, определяющих способность к восстановлению. Поэтому даже небольшие масштабы негативных воздействий представляют для арктических вод, а также компонентов водных экосистем, повышенную опасность. Мелководья, составляющие 95 % авандельты Лены, превращаются в ловушку для живых организмов, где негативное воздействие сигналов многократно усиливается из-за малых глубин на взморье. Вторая угроза связана с рыбным промыслом. Рыбные биоресурсы имеют этнообразующее значение для эвенков и эвенов Нижней Лены. Существующие методы сейсморазведки несовершенны т.к. приводят к гибели водных организмов, нарушению кормовой базы рыб и значительному рыбохозяйственному ущербу. Потери рыбопродукции из-за нарушения нереста или пократных миграций могут быть на порядок больше, чем гибель мальков рыб, планктона и бентоса в радиусе 5 м от пневмопушек. Необходимо учитывать и ущерб рыболовству от разгона косяков рыбы в радиусе 10-20 км от линий сейсмосьемки. Реакция избегания района шума от сейсморазведки начинает проявляться у рыб уже на расстоянии 30 километров от источника шума, а на расстоянии 9 км наблюдается снижение численности рыб на 45%. В пределах более близких расстояний под воздействием сейсморазведки косяки рыб могут полностью покинуть район работ. Под негативное воздействие сейсморазведки и электроразведки в период омулевой путины попали рыбопромысловые участки Улахан Крест, Петрушка, Самах-Ары и другие. Для минимизации негативного воздействия на компоненты водных и береговых экосистем работы были перенесены из участков, примыкающих к дельте Лены на 40 км в сторону моря от границы охранной зоны Усть-Ленского государственного заповедника. Проведение сейсморазведки и электроразведки в период летней путины было смещено на 30 км к северу от южного берега Оленекского залива и на 40 км к западу от береговой линии дельты р. Лена, сроки были изменены. Реальная угроза существует для экосистем прибрежных мелководий, кормовых угодий сиговых, донных организмов и планктона. Родовые хозяйства коренных малочисленных народов и рыболовецкие предприятия, ведущие промысел в устье реки Оленек, Оленекском заливе и устье Оленекской протоки дельты Лены, в ближайшие годы могут существенно пострадать от снижения уловов сиговых, омуля и муксуна, а нерестилища останутся недозаполненными, что негативно скажется на дальнейшем воспроизводстве сиговых [4].

Значительную опасность для морской среды представляют химические вещества, особенно 12 стойких органических загрязнителей (СОЗ): альдрин, хлордан, ДДТ, дильдрин, диоксины, эндрин, фураны, гексахлорбензол, гептахлор, мирекс, ПХБ и таксафен. Наиболее опасные угрозы при нефтедобыче испытывают морские и прибрежные экосистемы. В среднем, 1 тонна разлившейся нефти занимает 12 км<sup>2</sup> на поверхности воды. [5].

Под угрозой заражения находятся питьевая вода и традиционные пищевые продукты северных народов: мясо, рыба, дикорастущие растения и т.д. На нефтепромыслах, как показывает опыт добычи, происходит существенное загрязнение вод и

почв в результате аварийных выбросов сырой нефти и нефтепродуктов, загрязнение атмосферы масштабными выбросами газов, загрязнение экосистем при испытании скважин, утечке летучих компонентов нефтепродуктов. Сжигание попутного газа является хрестоматийным примером бездумного отношения к природным ресурсам, наносящим не только гигантские убытки стране, но и значительный вред окружающей среде. Значительный вред в районах добычи причиняют разливы нефти. На месторождениях Западной Сибири регулярные прорывы нефтепроводов случаются до 35 тысяч раз в год. Официально регистрируется примерно 300 аварий с выбросами нефти в каждом случае свыше 10 тыс. т. Не только активный «Гринпис», но и большинство трезвомыслящих экологов всего мира против добычи нефти со дна из труднодоступных глубин арктических морей. Одни специалисты высказывают робкие сомнения, другие резко против масштабных проектов, считают, что в Арктике нефть добывать нельзя. Большая озабоченность специалистов связана с низким уровнем развития технологий добычи нефти в тяжелых ледовых условиях. Пока не существует ни научных разработок, ни безопасных методик, ни способов реагирования на аварийные разливы нефти во время штатных ситуаций на буровых платформах в Арктике. Загрязнение морских вод и природной среды в океане будут иметь катастрофические последствия. Авария на нефтепромысле компании «Бритиш Петролеум» в Мексиканском заливе наглядно показала несовершенство технологий нефтедобычи со дна моря. Европарламент просит арктические государства внимательно следить за работой нефтяных компаний в Арктике. В Канадском секторе Арктики морское бурение в настоящее время прекращено до тех пор, пока Национальный совет по энергетике не пересмотрит свои нормы и правила подобных работ после аварии в Мексиканском заливе. Большие айсберги, откалывающиеся от ледников Северной Земли, и дрейфующий лед представляют угрозу буровым платформам. В море Лаптевых припайный лед, толщиной до 250 см, занимает всю прибрежную акваторию моря до глубин 20-25 м. До 9 месяцев в году этот лед неподвижен, обычно в июле происходит разрушение припая и начинается ветровой дрейф массивных ледовых полей. В море Лаптевых опасность для судоходства представляет Янский ледовый массив, таяние которого может занимать все лето. В зоне моря к северу от припая на глубинах более 25 м располагается Сибирская полынья, зона активной гидродинамики и образования льдов. В районе полыньи и зоне дрейфующего льда на больших глубинах образуются высокие и массивные гряды торосов, приходящие в движение во время сжатия. Утечка нефти может произойти во время столкновения ледяного поля или айсберга с буровой платформой. В темноте полярной ночи или во время сильной пурги провести очистку поверхности моря от нефти практически невозможно. Впоследствии собрать разлившуюся нефть, быстро распространяющуюся подо льдом и вместе с дрейфующими полями будет также невозможно. Под большим вопросом и оперативная ликвидация аварийного разлива. Низкие температуры, снежные бури и сложная ледовая обстановка – основные препятствия для судов и авиации спасателей. Первая в Арктике российская буровая платформа на нефтяном месторождении «Приразломное» также не избавлена от опасности столкновения с

айсбергом или ледовыми полями. Неизвестно, каким пределом прочности обладают существующие конструкции буровых платформ. В последнее десятилетие цикл потепления климата привел к быстрому таянию ледников, в свою очередь их разрушение приводит к увеличению количества айсбергов вблизи Новой Земли, Шпицбергена и Северной Земли.

Компания Shell планирует провести бурение на нефть на шельфе Гренландии. В феврале 2011 года компания Shell отложила планы проведения буровых работ вблизи побережья Аляски, поскольку столкнулась с проблемами и ограничениями. Руководство компании решило, что добыча нефти в море Бофорта начнется только тогда, когда будут получены все экологические разрешения. В морях, омывающих Якутию и территорию Булунского района в том числе, особенно велика опасность загрязнения прибрежных экосистем при возможных катастрофических разливах нефти. Тщательно взвесить все плюсы и минусы арктических разработок, изучить опыт западных компаний является главной обязанностью промышленников перед грозящим нам «нефтяным штормом» Арктики.

### **Литература**

1. Абрамова, Е.Н. К изучению зоопланктона Новосибирского мелководья моря Лаптевых / Е.Н. Абрамова // Биология моря. – 1996. – Т. 22, № 2. – С.89-93.
2. Гуков, А.Ю. Донные биоценозы губы Буор-Хая (море Лаптевых) / А.Ю. Гуков // Океанология. – 1989. – Т. 29, № 2. – С.316-317.
3. Гуков, А.Ю. Рост и продукция популяций массовых видов двустворчатых моллюсков в бухте Тикси моря Лаптевых / А.Ю. Гуков // Океанология. – 1994. – Т. 34, вып. 2. – С.259-261.
4. Лисицын, А.П. Маргинальный фильтр океанов / А.П. Лисицын // Океанология. – 1994. – Т. 34, № 5. – С. 735-747.
5. Методические указания по определению загрязняющих веществ в морских донных отложениях. – Москва : Гидрометеиздат, 1979. – 39 с.

### **References**

1. Abramova, E.N. By studying zooplankton Novosibirsk shallow waters of the Laptev Sea / E.N. Abramov // Marine Biology. – 1996. – t. 22, No 2. – P. 89-93.
2. Gukov, A.Yu. Bottom biocenoses lips Buor-Hai (Laptev Sea) / A. Yu. Gukov // Oceanology. – 1989. – t. 29, No 2. – P. 316-317.
3. Gukov, A.Yu. The growth and production of populations of common species of bivalves in Tiksi Bay of the Laptev Sea / A.Yu. Gukov // Oceanology. – 1994. – t. 34, iss. 2. – P. 259-261.
4. Lisitsyn, A.P. Marginal filter oceans / A.P. Lisitsyn // Oceanology. – 1994. – t. 34, No 5. – P. 735-747.
5. Guidelines for the determination of contaminants in marine sediments. – Moscow : Gidrometeoizdat, 1979. – 39 p.

## МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ

**Kenji Yoshikawa<sup>1</sup>, Dmitry Osipov<sup>2</sup>, Sergei Serikov<sup>3</sup>, Peter Permyakov<sup>4</sup>,  
Julia Stanilovskaya<sup>5</sup>, Leonid Gagarin<sup>6</sup>, Alexander Kholodov<sup>7</sup>**

### **TRADITIONAL ICE CELLARS (LEDNIK, BULUS) IN YAKUTIA: CHARACTERISTICS, TEMPERATURE MONITORING, AND DISTRIBUTION**

*Ice cellars (Lednik in Russian, Bulus in Sakha) dug into the permafrost layer are a natural form of refrigeration for preserving block ice for drinking water, storing harvested food (fish, game, and livestock such as reindeer), and fermenting food. Ice cellars are traditionally used by indigenous Siberian people, such as Even, Evenk, Chukchi, Yukagir, Dolgan, and Yakut. In cooperation with local stakeholders, we measured the temperature of many ice cellars at each region (Ulus) of Sakha Republic. Though ice cellars are widely used in permafrost regions, these structures and the purpose for their use as well as the methods of maintenance are quite different among communities and due to permafrost temperature conditions. Monitoring ice cellar temperatures and recording descriptions of ice cellars is important in the face of climate change in terms of permafrost studies and archiving traditional techniques of living with permafrost.*

**Keywords:** *Ice cellar, Lednik, Sakha, Permafrost, Thermal regime, Indigenous community.*

#### **Introduction**

Permafrost underlies more than one-quarter of Earth's land area. In Siberia, over 90% of the land is underlain by permafrost, a region where most of the indigenous people of Siberia live. The focus of this paper is on ways that traditional families and communities in Sakha Republic use permafrost. Ice cellars (*Lednik* in Russian, *Bulus* in Sakha) are a form of indigenous technology used by Siberian people for refrigeration; ice cellars provide easy access to stored foods. In the Sakha Republic, not only are subsistence foods stored in ice cellars, including caribou, ducks, fish, and marine mammals, which constitute a

<sup>1</sup> Kenji Yoshikawa - University of Alaska Fairbanks, USA. E-mail: kyoshikawa@alaska.edu

<sup>2</sup> Dmitry Osipov - North-Eastern Federal University, Russia. E-mail: murgun@list.ru

<sup>3</sup> Sergei Serikov - Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS. E-mail: grampus@mpi.ysn.ru

<sup>4</sup> Peter Permyakov - Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of the RAS. E-mail: permyakov2005@mail.ru

<sup>5</sup> Julia Stanilovskaya - Lomonosov Moscow State University. E-mail: stanik85@mail.ru

<sup>6</sup> Leonid Gagarin - Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS. E-mail: gagarinla@gmail.com

<sup>7</sup> Alexander Kholodov - University of Alaska Fairbanks, USA. E-mail: alkhoolodov@alaska.edu

substantial proportion of the local diet, but also ice blocks for drinking water during the summer months, especially in Central Yakutia. Ice cellar infrastructure has both cultural and practical significance. Concern has been expressed recently over the impact of climate change on ice cellars and future sustainability of this resource [1]. This paper reports the results of an ongoing education and outreach project in Russia to understand and accurately report the thermal state of ice cellar temperature regimes and the surrounding permafrost environments [6].

### Study Area

Sakha Republic is the largest republic of the Russian Federation; it encompasses most of eastern Siberia and is an area of permafrost terrain. Several residents of the region participated in this study; they were asked to measure and record the temperature in their ice cellars year-round. We visited over 100 schools and communities in Sakha Republic, including Dolgan, Even, Evenk, and Yukagil, where we discussed local ice cellars with residents (figure 1).



Figure 1. Distribution of ice cellars and their structure types overlaying the permafrost map (red dots: vertical cellar, yellow dots: declining slope cellar, blue dots: industrial cellar)

The indigenous people of Sakha Republic have adapted the permafrost environment for their use since they immigrated to the area. Most of Sakha Republic was not glaciated; thus deep permafrost developed during the Last Glaciation. Interest in the thermal condition of permafrost and methods of excavating it were established when valued minerals were discovered in Sakha. Yakutsk, the capital city of Sakha Republic, has one of the richest and oldest permafrost research histories in the world [3]. This long history of interest in permafrost and digging in frozen ground helped develop a variety of ice cellar types in this area. The Soviet Union supported and encouraged the development of community-based or industrial ice cellars associated with mining activities, which encouraged unique ice cellar structures all over Siberia.

## Structure of Ice Cellars

People in northern and central Yakutia (another term for the Sakha Republic) have probably used cold storage in permafrost since they immigrated to the area. Before the invention of metal apparatuses or heavy equipment, humans simply dug vertical shafts to store food in or buried food under sphagnum during summer months (*M. Pogodaev*, personal comm. 2016). Contemporary cellars in northern Sakha regions are built primarily for the personal use of one or several families (such as a fishing crew and their dependents), and typically consist of a vertical shaft that leads to a small chamber or horizontal tunnel excavated into permafrost (Figure 2).

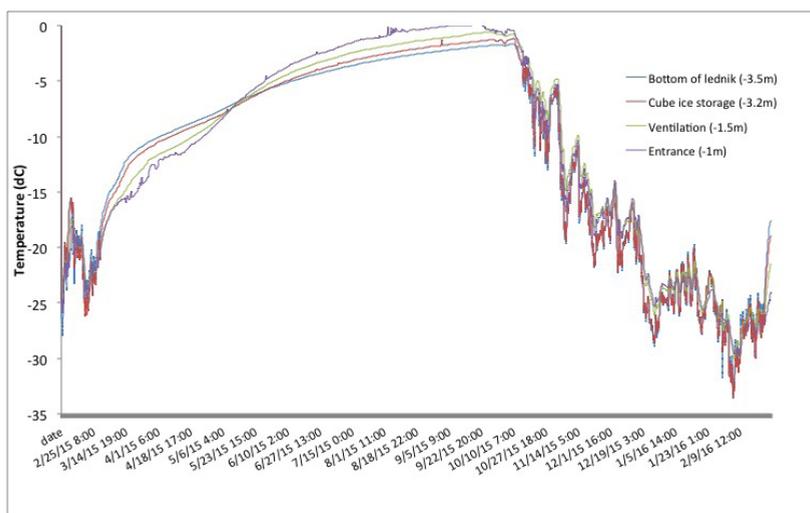


Figure 2. Typical structure of a vertical cellar. Access to the cellar is usually covered with a small shed built over the entrance to prevent snow accumulation and provide convenience for winter cooling

These cellars vary in specific dimensions. The vertical shaft is 1 to 6 m deep and penetrates to a depth such that the ceiling of the chamber is below the permafrost table, which is usually less than 1 m in undisturbed areas but more than 2 m in villages. Older ice cellars or ones in southern permafrost areas are built primarily for personal use, and typically consist of a 15 to 20 degree declining tunnel entrance that leads to a small chamber excavated into permafrost or seasonally frozen soil (Figure 3).

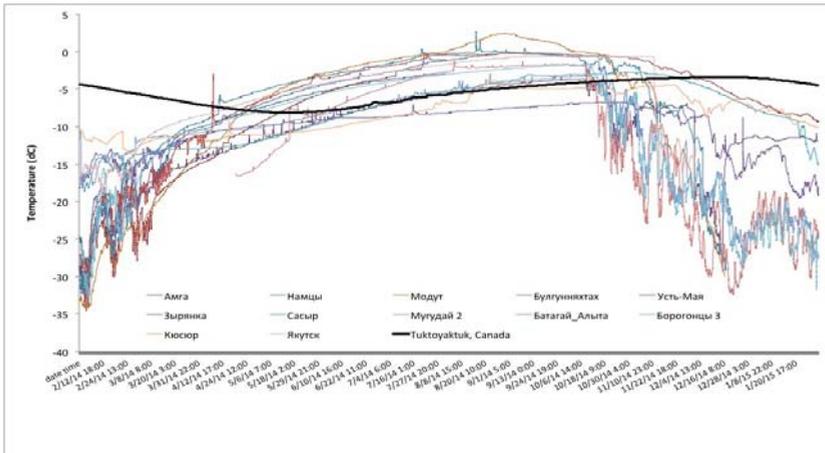


Figure 3. Typical structure of a declining slope cellar. The cellar depth is not far from the ground surface. The cellar is easy for maneuvering and for stringing frozen items in and out, and is especially good for block ice

The depth of the chamber is 1-3 m from the ground surface. This type of cellar is similar in design to European wine and food cellars or icehouses, and provides easy access and maneuvering of what has been stored. In addition to private cellars, there are deeper, longer, and larger-capacity commercial/industrial cellars, most of which were built during the Soviet era for communities in many parts of Sakha Republic. Many of these cellars were dug horizontally a few hundred meters, and even kilometers, into hillsides, and had railroads for managing frozen items. Though abundant, these large-capacity cellars today receive limited use; some have been reestablished as local museums (Figure 4).



Figure 4. Soviet era deep cellar. Cellars are used for industrial purposes today or sometimes for an entire community

Recently, the media has referred to ice cellar “failures” [1] or has reported that cellars no longer function reliably, because food has thawed while in storage or because an owner cannot safely access a cellar. In our visits to communities in Sakha Republic, we did not observe ice cellar failures; however, several cellars were closed due to a recent fall storm flooding event and filling by ice (e.g., Oymiakon, Verkhoyansk; see Figure 5). Other than these closures, massive numbers of ice cellars were no longer manageable after the Soviet Union collapsed (e.g., Iengra, Tomtor).

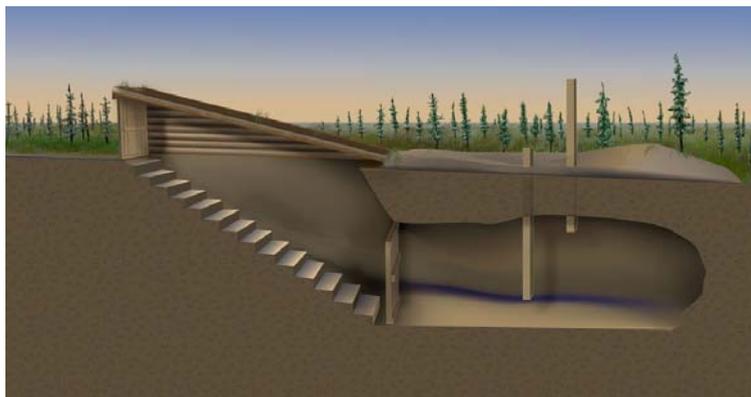


Figure 5. Abundant ice-filled cellar at Oymiakon. The cellar was used for over 100 years, but it is temporarily abandoned for maintenance since a recent flooding event (2012)

### **Annual Usage and the Maintenance of Ice Cellars**

Ice cellars are an efficient solution for storing large volumes of harvested ice, fish, and reindeer meat in Even and Evenki villages. Ice cellars require maintenance and annual cleaning; they are usually cleaned just before using. In northern communities, cleaning occurs in late fall for storage of marine mammals and fish during winter. In central Yakutia, ice cellars that are used mostly for storage of block ice are prepared in middle or late winter. Preparation involves removing all of the meat and fish from the previous year and thoroughly cleaning the cellar, including adding a layer of fresh snow. Pond ice thickness is an important factor in the harvest and storage of block ice. The ice thickness must be 50–60 cm for cutting from a pond. Stored block ice is used for drinking water during the summer months in many part of central Yakutia. Though ice storage in a permafrost cellar is ideal, the temperature inside the cellar does not have to be below zero year-around; it just needs to stay cold enough to delay a rise in temperature due to warmer summer months. Underground storage this far north functions in this way, with a 4- to 5-month delayed response to rising surface temperatures. This method of cold storage is similar to how icehouses were used in the 19<sup>th</sup> century before electric refrigeration.

Humidity is higher in cellars, and the potential for fungus growth is always present, even in constant negative temperatures. Some cellars used for fermentation purposes take advantage of temperature and relative humidity characteristics. Fermentation is

more often practiced by the Chukchi in Chukotka and by North American indigenous cultures than by people living in Yakutia.

Every several years, water is sprayed on the walls of vertical cellars in northern regions and horizontal industrial cellars to develop an icy surface for preventing sublimation of the permafrost. These ice-coated cellar walls prevent sublimation, keep the cellar clean, and help stabilize the walls. Table 1 shows annual cellar usage and maintenance patterns in each area.

## Results

The annual temperature cycle of most ice cellars in Yakutia indicates significant cooling during winter months due to opening of doors/leads. The maximum daily temperature observed in the ice cellars ranged from  $-10.4$  to  $+2.7^{\circ}\text{C}$ . The temperatures in some cellars in central Yakutia (Modut and Eday) rise above  $0^{\circ}\text{C}$ . The mean annual temperatures ranged from  $-14.4$  to  $-3.6^{\circ}\text{C}$ . In contrast, the mean annual air temperature in Yakutsk is around  $-9^{\circ}\text{C}$ . The warmest cellar temperatures were observed in fall (September to October), and typically the doors/leads are opened to introduce cold air after November. Thus, the coldest temperatures occurred during winter months, in direct response to air temperature. The temperatures in Ust-Maya and Sasur (Figure 6) suggest when the cellar door/lead was not open during winter monitoring, as the temperature increases until November/December and the winter cellar temperature is  $10$ – $20^{\circ}\text{C}$  warmer than other cellars. The average annual temperature amplitude, i.e., the difference between the warmest and coldest temperatures, range from  $9.4$  to  $36^{\circ}\text{C}$  in the cellars. This difference results from the depth of the cellar chambers, the original permafrost seasonal amplitude range, and the structure of the cellars.



Figure 6. Mean monthly temperatures in the ice cellars. Approximate cellar locations indicated from Figure 1.

## Discussion

Based on public media reports and our own field observations, evidence indicates several major problems related to the maintenance and use of ice cellars in North America [2, 4]. Factors other than climate warming could be negatively affecting cellars, including (1) local soils known to be ice-rich and high in salinity; (2) proximity to flooding rivers or the coast; (3) influence of urban development on local hydrology; and (4) a suite of potential influences related to proximity to other types of infrastructure [4]. However, in Yakutia, these problems of North American cellars were not observed. Descriptions of cellar failures in Yakutia most commonly involve flooding. Typical of rivers in the Arctic, in the Lena, Yana, Indigirka, and Kolyma rivers, flooding occurs during spring breakup due to the snow melting and following the south-to-north stream flow. Springtime floodwater in a cellar would be relatively easy to remove during hot summer months. Though fall flooding does not occur frequently, it has the potential to be a serious problem because there may not be enough time to remove the water before temperatures drop, or it may be too cold to operate draining equipment. If ice fills a cellar completely, it must be abandoned for use, such as with cellars in Oymyakon and Verkhoyansk due to recent fall flooding. During the Soviet era, Kolkhoz or Sovkhoz operated ice cellars that were well-maintained and manageable, overseen by responsible individuals. This kind of intense maintenance helps prevent cellar failure or flooding damage in a community, but has not been economically efficient since the Soviet Union era.

Air convection use in a cellar is a unique design and typically seen in Even and Evenki communities (Figure 7), but not in North American indigenous cellars. A natural cooling system would be a great invention for ice cellars. We observed a similar design in Siberian indigenous communities such as around Baikal and Chukotka. Air convection systems work efficiently during the winter months especially after cold snaps. During March and May, the temperature gradient in ice cellars is reversed. The expected cellar ventilation is blocked by ice crystals.



Figure 7. Thermal characteristics of the air convective cellar

## Conclusions

Ice cellars are an important cultural and economic resource for residents of Arctic communities. Climatic conditions could significantly affect the ground thermal regime and, therefore, ice cellars, local soil conditions, flooding events, and factors associated with urban development. These interactions will require further investigation. Soil characteristics and ground ice conditions vary substantially over distances of only a few meters, necessitating detailed surveying. Each community has its own set of factors to consider, and they may vary from the factors discussed here.

In cases where ice cellar degradation is observed, many engineering options are available for maintenance; for example, thermo-siphons could be used to artificially maintain frozen conditions [5]. Thermo-siphons, though having a long history of use in Sakha by Russian engineers, have never been used to maintain ice cellars, but they should be considered for ice cellar maintenance in the future.

## Acknowledgments

We thank the owners of the ice cellars for access and information. Local residents, communities, and schools provided detailed information about the maintenance and performance of ice cellars. We are grateful to the North Eastern Federal University for its cooperation on this project. CH2MHill Polar Services and the Russian Academy of Science Melnikov Permafrost Institute provided significant logistical support. This research was supported by grants from the U.S. National Science Foundation (NSF) and by a Fulbright Scholar, U.S. Department of State.

## References

1. Kintisch, E. 2015. These Ice Cellars Fed Arctic People for Generations. Now They're Melting. *National Geographic*, Retrieved December 18, 2015, from <http://news.nationalgeographic.com/2015/10/151030-ice-cellar-arctic-melting-climate-change/>
2. Klene, A.E., Yoshikawa, K., Streletskiy, D.A., Shiklomanov, N.I., Brown, J., and Nelson, F.E. 2012. Temperature Regimes in Traditional Inupiat Ice Cellars, Barrow, Alaska, USA. Proceedings of the Tenth International Conference on Permafrost. Salekhard, Russia. Extended Abstracts, v4, 268-269.
3. Middendorf, Alexander Feodorovich 1871, *Der Golfstrom Ostwärts vom Nord Kap* in Peterman's Geogra- pische Mittheilungen (1871, No. 1 Bulletin, Vol. XV, and Zapiski Vol. XIX of the Academy of Sciences, 1871).
4. Nyland, K.E., Klene, A.E., Brown, J., Shiklomanov, N.I., Nelson, F.E., Streletskiy, D.A. and Yoshikawa, K. (2016), Traditional Inupiat Ice Cellars (SIG!UAQ) in Barrow, Alaska: Characteristics, Temperature Monitoring, and Distribution. *Geogr Rev.* doi:10.1111/j.1931-0846.2016.12204.x
5. Wendler, K.D., 2011. Numerical Heat Transfer Model of a Traditional Ice Cellar with Passive Cooling Methods. M.S. Thesis, University of Alaska Fairbanks. 164 pp.
6. Yoshikawa, K., 2013. Permafrost in Our Time. University of Alaska Fairbanks Permafrost Outreach Center. Fairbanks, AK. 300 pp. <http://issuu.com/permafrostbook/docs/piots>

## VEGETATION ON THE PINGO IN THE CENTRAL YAKUTIA

*Pingo and Alas are unique landscape structure in permafrost zone, and there is large variation of vegetation from Steppes to aquatic swamp in the Central Yakutia. This vegetation is growing on dry-wet environmental gradient, and it may be affected by recent anthropogenic effect and climate change. In this paper field observation of 3 Pingo transect and literature studying about Central Yakutian vegetation were coupled to understand the nature of permafrost zone which may vulnerable for further climate change. Steppe vegetation, which appeared on the top of Pingo, has its longer history as dynamics of Alas formation since Late Pleistocene from literature. Surface disturbance and thermokarst depression alter the type of vegetation on the top of Pingo. In contrast, more diversified swamp vegetation covered foot of the hill slope. 3 viewpoint of variation in the observed 3 Pingos vegetation were noticed as size-effect, stability of soil and anthropogenic effect. These sights will help to understand condition of Pingo from outside, and it may provide possibility to assess permafrost stability for future.*

**Keywords:** *landscape, permafrost zone, vegetation, climate change, Alas, communities, field observation.*

### Introduction

The Central Yakutia is a cold climate region where the world largest and thickest permafrost exists. Extreme cold weather of the last glacier maximum made exposed ground freeze down to 1000m below. After early Holocene warm period, this permafrost still survived and several meter surface were somehow degraded by thermokarst process. During this summer school, we had seen beautiful landscapes of large thaw basin "Alas" and sometimes with an ice-cored frost mound "Pingo" or "Bulgunnyakh" on the Lena river terrace. As many landscape, as many vegetation. Vegetation play a role of frontier between underground and aboveground, and provide materials for thermal offset effect on permafrost. It is also key for understanding the biogeochemical transportation process such as CO<sub>2</sub> and methane. Additionally, vegetation is visible from outside. That means it is possible to estimate its extent using optical remote sensing techniques. In this report I will focus on vegetation on the unique landscape, Pingo in the Central Yakutia. Thus there are only a few English paper available, and hard to read Russian literatures, I also add some data from my field note in summer school for better understanding.

---

<sup>1</sup> Tomoki Morozumi – PhD student in Graduate school of Environmental Science, Hokkaido University, Japan.  
Main research is Siberian Taiga –Tundra boundary vegetation and biogeochemical cycles in Indigirka Lowland.  
E-mail: both-horns@ees.hokudai.ac.jp.

## 1. Method

### 1.1. Literature

There has been extensive study for vegetation in Yakutia. They collected the species compositions of relevés and classified based on Braun-Blanquet approach that could distinguish common vegetation unit applicable for all region. Here, I picked up an English paper (Mirkin, Gogoleva and Kononov (1985)) on *Folia Geobotanica* and English literature (Troeva *et al.*, 2010) on Springer to understand the nature of permafrost zone.

### 1.2. Field excursion data

Field excursion was held during UArctic program from 5<sup>th</sup> August till 18 August, 2016 in Central Yakutia, Sakha Republic. Vegetation data was obtained in Muguday, Churapcha region in 7<sup>th</sup>, in Namsky region in 12<sup>th</sup>, and Yakutsk city in 16<sup>th</sup> August. Species composition were visually observed in the field and described along the top to bottom gradient of Pingo. Some of the plant species were collected for detail identification in Institute of Biological Problems Cryolithozone.

## 2. Result

### 2.1. Literatures

Mirkin, Gogoleva and Kononov (1985) reported vegetation community composition on unique landscape of Alas in Central Yakutia (Yakutia). The authors investigated alases between Lena and Amga river in 1978-1981. They categorized the vegetation into 3 groups; wet glycophyllous meadow and hygrophytic communities, salt meadow, steppe and steppe-meadow communities. The alas bottom were distinguished into 3 zones. The first wet zone is covered with such as *Phragmitetea*, and the second middle-moist zone with *Tharict-Hordeetum*, and the third dry zone with *Artemisio commutatae-Hordeetum* communities. These 3 zones correspond to vegetation categories; hydrophytic swamp, meadow and steppe communities. At the end of the alas formation cycles, Pingo (bulgunnjachs) will be formed. They described vegetation of bulgunnjachs into 3 principal stages of dynamics (Fig.1 (a)). Excerpt below:

1. A small bulgunnjachs (1-2 m high and the diameter 30-50 m) with gentle swarding slopes. On the south, east and west exposure – *Carici duriusculae-Festucetum lenensis*, on the north – *Pulsatilletum flavescentis*.

2. A medium bulgunnjach (2-5 m high, diameter 50-80 m) with erosion-activity on the south slope, where serial communities such as *Artemisietum jacuticae*, *Psathyrastachetum junceae*, *Stipetum krylovii* are formed.

3. A large bulgunnjach (5-12 m high, diameter 120 m). Such bulgunnjachs begin to disintegrate and on their tops a depression like a volcanic crater occurs. The different

slopes of the crater are occupied by different communities according to the different slopes of bulgunnjachs. *Larix gmelinii* as "climax precursor" appears, usually, on the north slope of such "crater". This is the finale of a bulgunnjach evolution. (Mirkin *et al.* 1985)

In the literature of The Far North: Plant Biodiversity and Ecology of Yakutia (Troeva *et al.* 2010), Zakharova *et al.* (2010) described the azonal steppes vegetation. The forest-steppe landscapes of Yakutia are the relics of the Late Pleistocene (Lavrenko 1981). The *Festuca-Stipa* community on the terrace of the middle Lena river close to Yakutsk were predominant in 20<sup>th</sup> century, while there is only fragment of these community presently. The *Stipa* steppe communities are characteristics for stabilized landscapes, and these cover a part of south-facing slope of large river. On the other hand, the bunchgrass steppe communities are characteristics for eroded and loosing soil landscape. Xerophilous species (*Festuca lenensis* and *Poa botryoides*) in a *Betula pendula* forests, distinct relic forest steppe, are common in the Lena-Amga Interfluve.

## 2.2. Field notes

Pingo that located in the middle of alas thermokarst thaw lake basin, is basically covered by vegetation. However, a top of Pingo was very dry condition and less vegetated, and species composition shows sharp contrast.

Muguday Pingo was located at 62°1'38" N, 132°51'38" E and it is surrounded by large alas basin and lakes (Fig.1 b-iii). Species composition were shown in Table. 1. Grassland were covered by high perennial herbs and grasses such as *Calamagrostis* sp., *Agrostis* sp., *Artemisia* sp., *Potentilla*, *Pullsatilla*, etc. The top of the Pingo was covered by *Stipa decipience* (*syn. S. krylovii* (Malyshev and Peschkova 2001)) (Fig. 2), *Artemisia commutata*, *Elytrigia* sp.. Interestingly, north slope top with crater was covered by *Larix* high tree.

Namsky "Baby-Pingo" was located at 62°22'43" N, 129°47'10" E and it is surrounded by relatively small alas wetland and Birch-Larch mixed forest around them (Fig.1 b-i). Species composition were shown in Table. 2.

Yakutsk Pingo was located at 62°0'36.94"N, 129°40'3.06"E and it is close to the residential area of Yakutsk city. A northern part of Pingo was covered by fence and eroded, however south side was covered by vegetation such as herbs, small lakes and high grassland (Fig.1 b-ii). Species composition were shown in Table. 3. In this field note, Graminoid species has difficulties of its identification without specimen, therefore tentative-*Elytrigia* sp. might be different genus of other thin flower graminoid. Eroded side were not take account of this report, however there were different species such as *Chamerion angustifolium* which is typical on unstable soil condition.

## 3. Discussion

Vegetation on a Pingo and alas has been evolved for a long time since cryogenic process began. On the top of the pingo, the Late Pleistocene relic steppe vegetation remains. The

dynamics of Alas formation allowed steppe communities to grow on the slope of the alas or pingo, while pingo were younger than steppe communities. In this field trip, we found the *Stipa* steppe communities on the top of Muguday Pingo and Yakutsk Pingo. The *Stipa* steppe communities are characteristic for stabilized landscapes with decreasing erosion processes (Ivanova and Perfilyeva 1972; The Far North 2010), therefore it suggests that these 2 Pingo top may be stable condition.

Variations of 3 pingo were also shown as its size-vegetation relations. According to the dynamical row in Mirkin *et al.* (1985), Muguday Pingo and Yakutsk Pingo are categorized in a large bulgunnjach and we could see *Stipa* on the top. Especially Muguday Pingo has a crater on the top and covered by *Larix gmelinii* as Mirkin *et al.* described. Namsky Baby Pingo were relatively small to medium size, and with no erosional communities. Actual vegetation seems to correspond to *Carici duriusculae-Festucetum lenensis* (Fl in Fig. 1 (a)) with *Saussurea amara*, although diagnostic species were not described enough in Table.2.

Parasite plant *Odontites vulgaris* is Mediterranean species wide spread in Eurasia. *Taraxacum* sp. are also cosmopolitan species growing urban zone. These species were rare in the list of Mirkin *et al.* (1985), and it means that Yakutsk Pingo vegetation was partially introduced by recent anthropogenic effect.

#### 4. Conclusion

The vegetation of Pingo and Alas showed large variation from Steppes to aquatic swamp in the literature and the field note. Steppe vegetation has its longer history as dynamics of Alas formation since Late Pleistocene. I noticed 3 viewpoint of variation in the observed 3 Pingos vegetation; size-effect, stability of soil and anthropogenic effect. These sights will help to understand condition of Pingo from outside, and it may provide possibility to assess permafrost stability for future.

#### 5. Figure and table

Table 1

**Species composition of Muguday “Largest-Pingo”**

Plot No.	1(Pingo top)	2(Grassland)	3(Grassland)
Species	<i>Stipa decipience</i>	<i>Calamagrostis</i> sp.	<i>Pulsatilla flavescens</i>
	<i>Artemisia commutata</i>	<i>Agrostis</i> sp.	<i>Potentilla bifurea</i>
	<i>Elytrigia</i> sp.	<i>Artemisia mongolica</i>	<i>Gentiana macrophylla</i>
	<i>Saussurea amara</i>	<i>Antennaria dioica</i>	<i>Geranium pretense</i>
	<i>Potentilla bifurca</i>		

Table 2

**Species composition of Namsky “Baby-Pingo”**

Plot No.	1(Pingo top)	2(Grassland)	3(Wetland)	4 (Forest)
Species	Artemisia commutata	Aster	Salix	Larix
	Elytrigia sp.	Agrostis	Carex	Betula
	(Betula platyphilla)	Gentiana	Rumex	
	Saussurea amara		Senecio congestus	

Table 3

**Yakutsk Pingo**

Plot No.	1(Pingo top)	2	3	4(Grassland)	5(Wetland)
Species	Stipa decipience	Potentilla bifurca	Elytrigia sp.	Agrostis sp.	Phragmites sp.
	Artemisia commutata	Poa sp.	Allium strictum	Sonchus sp.	Phleum or Alopeculus
	Elytrigia sp.	Pulsatilla flavescens	Saussurea amara	Artemisia macrantha	
		Galium verum	Artemisia commutata	Taraxacum sp.	
		Dianthus sp.		Odontites vulgaris	

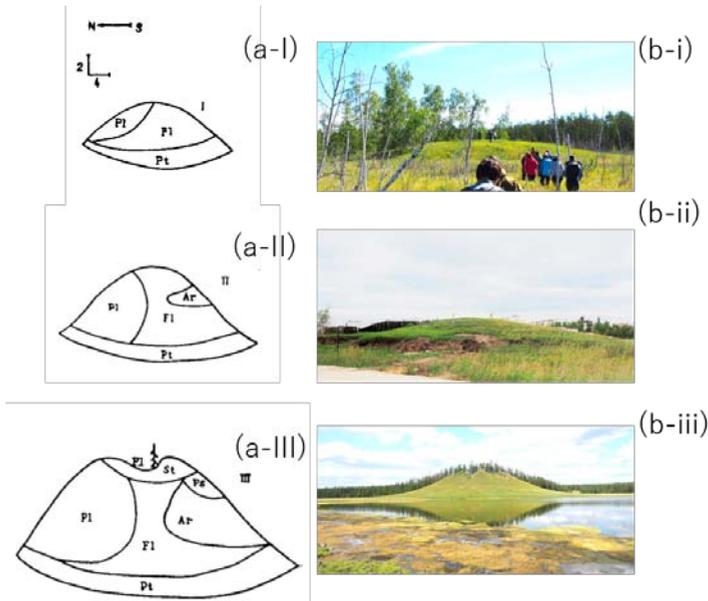


Fig. 1. (a) Thematic vegetation units of Pingo(bulgunnyakh) in Mirkin *et al.* (1985) modified. Dynamical row of bulgunnyakh evolution (a-I: little, a-II: medium, a-III: large bulgunnyachs)

The following abbreviations were used for vegetation units: (Ar: Artemisietum-acuticae, Ps: Psatyrostachetum junceaе, St: Stipetura krylovii, Fl: Carici duriusculae-Festucetum lenensis, P1: Pulsatilletum flavescens, Pt: Puccinellietum-tenuiflorae).

(b) Alternate 3 different bulgunnyakh observed in UArctic summer course: Namsky (b-i), Yakutsk city (b-ii) and Muguday (b-iii).

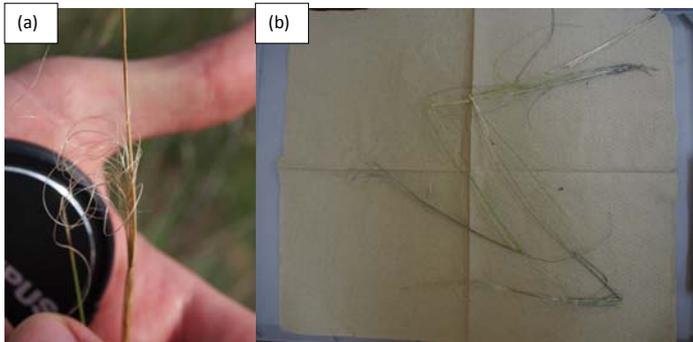


Fig. 2. *Stipa decipiens* (syn. *S. krylovii*) (a) flower, (b) whole shape

## 6. Acknowledgements

I wish to thank organizer Prof. Yoshikawa and lecturers during this UArctic short course for providing chance and basic knowledge to observe permafrost. Plant species identification was supported by Dr. Zakharova in IBPC. Also, I would like to thank to my supervisor Prof. Sugimoto and collaborator Prof. Maximov for support and guidance.

## References

1. Mirkin, B.M., Gogoleva, P.A. & Kononov, K.E., The vegetation of central yacutian alases, *Folia geobot. phytotax.* (1985) 20: 345. doi:10.1007/BF02853283
2. Troeva E.I., Isaev A.P., Cherosov M.M., Karpov N.S., *The Far North: Plant Biodiversity and Ecology of Yakutia.*, Springer. (2010) doi:10.1007/978-90-481-3774-9
3. М.Ф. Бысыин. Конспект флоры термокарстовых аласов (Центральная Якутия), *Биологические науки*, (2006)
4. Malyshev L. I. and Peschkova G. A., *Flora of Siberia volume 2 Poaceae (Gramineae)* Science Publishers, Inc. (2001), ISBN 1-57808-101-7
5. Ivanova V.P. and Perflyeva V.I., *Sokhranit kovylnye stepi Yakutii*. In: *Priroda Yakutii I eyo okhrana*. Knizhnoye izd-vo, Yakutsk (1972) [Russian paper referenced in Troeva *et al.* 2010]
6. Lavrenko E.M. (1981) *O rastitelnosti pleistotsenovykh periglyatsialnykh stepey SSSR*. *Botanichesky zhurnal* 66(3): 313-327 [Russian paper referenced in Troeva *et al.* 2010]

## ВЛИЯНИЕ ПРОГРАММ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ДИНАМИКУ ЭМИССИИ УГЛЕРОДА В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

### THE IMPACT OF ENERGY SAVING STATE PROGRAMS ON THE DYNAMICS OF CARBON EMISSION IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Статья посвящена оценке влияния реализуемых в Республике Саха (Якутия) программ модернизации жилищно-коммунального комплекса на устойчивость развития региона. На основе анализа состояния топливно-энергетического комплекса региона, авторами по методике МГЭИК были оценены объемы выбросов парниковых газов (углекислого газа, метана) от антропогенного воздействия за 2000-2008 гг. Информационной базой являются данные топливно-энергетического баланса РС (Я), разрабатываемого ИФТПС ЯНЦ СО РАН, отчеты ГБУ РС (Я) «РАЭР» о проведении энергосберегающих мероприятий специализированными организациями региона. Оценивается эффективность реализации программ энергоресурсосбережения в Якутии и их вклад в снижение эмиссии парниковых газов в РС (Я).

**Ключевые слова:** антропогенное воздействие, эмиссия парниковых газов, углерод, углекислый газ, метан, безуглеродная зона, энергоэффективность, энергосервисный контракт, модернизация, топливно-энергетический баланс.

*The article is devoted the estimation of impact on sustainability of the regional development of the programs of modernization of housing and communal complex that were implemented in the Republic of Sakha (Yakutia). Based on the analysis of the regional fuel and energy complex authors estimated emissions of greenhouse gases (carbon dioxide, methane) from anthropogenic impact for 2000-2008 according to the methodology of the IPCC. The information base includes data of the fuel and energy balance of the Republic of Sakha (Yakutia), developed by Institute of Physical and Technical Problems of the North SB RAS named after V. P. Larionov, and reports of "Regional Agency of Energy Saving" about activity of specialized organizations and energy saving measures. The effectiveness of the implemented energy-saving programs and their contribution to reducing of greenhouse gas emissions in the Republic of Sakha (Yakutia) are presented.*

**Keywords:** anthropogenic impact, greenhouse gas emissions, carbon, carbon dioxide, methane, carbon-free zone, energy efficiency, energy service contract, modernization, fuel and energy balance.

<sup>1</sup> Гаврильева Т.Н. – д.э.н., профессор-исследователь Северо-Восточного федерального университета, г. Якутск. E-mail: tuyara@list.ru

Gavrilieva T.N. – Doctor of Economic Sciences, Professor M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

<sup>2</sup> Ноговицын А.В. – магистрант Северо-Восточного федерального университета, г. Якутск. E-mail: alnogovitsyn@mail.ru

Nogovitsyn A.V. – Undergraduate M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

*Статья подготовлена в рамках проекта «Бюджет углерода мерзлотных экосистем, городов и поселений восточной Арктики России» (COPERA, «C budget of ecosystems and cities and villages on permafrost»), грант РФФИ № 15-54-71003*

## Введение

Роль антропогенного воздействия, в том числе эмиссии парниковых газов, в изменении климата является одной из наиболее актуальных научных и социально-экономических задач, начиная с 1992 г., когда была принята Рамочная конвенция ООН. Киотский (декабрь 1997 г.) и Парижский (декабрь 2015 г.) протоколы, ратифицированные правительствами многих стран, являются базой для выработки и реализации различных национальных концепций по снижению выбросов углерода.

В России в настоящее время обсуждается вопрос создания в Восточной Сибири безуглеродной зоны. По мнению Минприроды, этому помогут *переход на возобновляемые источники энергии, введение углеродного налога, налоговые льготы, субсидии на применение наилучших доступных технологий, рост лесопосадок и создание углеродного рынка* [4]. Рассматривается предложение об отказе от угольной генерации в пользу перехода на гидро-, газовую, атомную генерацию и развитие углекислотной [12]. Вместе с тем, современные безэмиссионные технологии (ядерная генерация и гидрогенерация) все еще характеризуются высокими экологическими и социальными рисками и требуют значительного объема инвестиций в окружающую среду. Республике Саха (Якутия), как крупнейшему региону мира, обладающему уникальными природными ресурсами и климатическими особенностями, необходима новая концепция устойчивого низкоуглеродного развития.

Свой вклад в ее разработку вносит реализуемый СВФУ и ИБПК СО РАН в сотрудничестве с Университетом Хоккайдо (Япония) и Университетом Аляски Фербэнкс (США) научно-исследовательский проект «Бюджет углерода мерзлотных экосистем, городов и поселений восточной Арктики России» (C budget of ecosystems and cities and villages on permafrost in eastern Russian Arctic – COPERA), поддержанный международным фондом Belmont Forum. Главной целью проекта является **оценка бюджетов углерода** путем продолжения многолетних полевых исследований, позволяющих оценить абсорбцию углерода природной средой, а также его эмиссию – на основе формирования и анализа базы данных по потреблению топливно-энергетических ресурсов городскими и сельскими поселениями различной людности.

До настоящего времени оценка эмиссии углерода производилась только для отдельных стран, укрупненно, на основе национальной статистики. Для отдельных субъектов РФ данные по эмиссии углерода недоступны, из-за нехватки информации. Республика Саха (Якутия) входит в потенциальную безуглеродную зону, поэтому оценка выбросов парниковых газов в динамике является актуальной научно-практической задачей. В данной работе эмиссия углерода дана на основе анализа топливно-энергетического баланса республики, разрабатываемого ИФТПС ЯНЦ СО РАН, данные доступны с 1980 по 2008 гг. [14, 15, 16].

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) – межотраслевая система добычи и производства топлива и энергии, их транспортировки, распределения и использования. В ее состав входят топливная промышленность (нефтяная, газовая, угольная, сланцевая, торфяная) и электроэнергетика, тесно связанные со всеми отраслями хозяйства. ТЭК Якутии в виду огромной территории, наличия различных источников электро- и тепло-генерации представляет собой сложную, незамкнутую систему. Около 40% территории (1222 тыс. км<sup>2</sup>) РС (Я), где проживает около 85% населения, или 18 из 35 административно-территориальных единиц (улусов и городских округов), охвачено централизованным электроснабжением в Западном (преимущественно гидрогенерация), Центральном (природный газ, уголь) и Южно-Якутском (уголь) энергорайонах. Большая часть территории республики (60%) с населением около 150 тыс. чел. относится к Северному энергорайону – зоне децентрализованного электроснабжения на базе источников электроэнергии малой мощности, преимущественно дизельных электростанций. Также здесь апробируются возобновляемые источники энергии (солнечные панели, ветрогенерация).

### 1. Расчет эмиссии углерода и парниковых газов на основе данных ТЭБ РС (Я)

Методология расчёта выбросов ПГ была разработана Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) в 1994 г. В 1997 г. Конференция сторон РКИК ООН (COP-3) утвердила, что *Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК 1996 года* должны использоваться в качестве «методологии для оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов» в расчете обязательных целевых показателей [9]. Данная методология апробирована в России, она приводится в ряде источников [1].

Для расчета объема используются коэффициенты выбросов ПГ на единицу сожженного топлива («по умолчанию») для CO<sub>2</sub>:

$$I_{CO_2} = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot Q_i^r \cdot k_{Ci} \cdot k_{CO_2}),$$

Где  $I_{CO_2}$  – объем выбросов CO<sub>2</sub>, т CO<sub>2</sub>/год;

$B_i$  – годовой расход тепла, тыс. т/год;

$Q_i^r$  – теплота сгорания топлива, ТДж/тыс.т.;

$k_{Ci}$  – удельный коэффициент эмиссии углерода для  $i$ -го вида топлива, т С/ТДж (С.49, табл.2, [1]);

$k_{CO_2} = 3,67$  – коэффициент (степень) полного окисления углерода до образования углекислого газа, т CO<sub>2</sub>/т С;

$n$  – количество видов сжигаемого топлива.

Объем выбросов CH<sub>4</sub>:

$$I_{CH_4} = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot Q_i^r \cdot k_{CH_4}),$$

где  $k_{CH_4}$  – удельные коэффициенты выбросов  $CH_4$ , кг/ТДж (С.50, табл. 3, [1]).

Величина  $(B_i \cdot Q_i^r)$ , или (годовой расход тепла\*теплота сгорания топлива) [ТДж/год], может быть определена из топливно-энергетического баланса.

*Топливо-энергетический баланс (ТЭБ)* – соотношение добычи разных видов топлива и выработанной электроэнергии (приход) и использование их в народном хозяйстве (расход). Разные виды топлива обладают неодинаковой теплотворной способностью. Самая высокая теплотворная способность – у нефти и газа. Чтобы рассчитать ТЭБ, разные виды топлива переводят в условное топливо (у.т.). Введение понятия условного топлива позволяет сопоставить энергетические затраты различных регионов страны, не уточняя какое количество тех или иных конкретных видов топлива сжигается в этих регионах. Этот способ применим и для перевода тепловой и электрической энергии в условное топливо (1 тут имеет теплотворную способность 7000 ккал или 1 тыс. тут = 29,3076 ТДж) [6].

Относительно точная оценка эмиссии парниковых газов в пересчете на углерод на основе данных ТЭБ доступна для 1990-2008 гг. (табл. 1,2, рис. 1). Для расчета эмиссии от сжигания угля использовались объемы его потребления в натуральном выражении по двум основным видам: лигнит и коксующий уголь. Данные показывают, что объем эмиссии углерода за счет антропогенных источников сокращался в 1995-1998 гг. и в 2001-2006 гг. Если в первый период снижение эмиссии было в основном обусловлено падением потребления энергии производственным сектором, то во втором, свой вклад внесли программы модернизации теплового хозяйства и энергосбережения, которые начали осуществляться в регионе с начала 2000-х.

Таблица 1

**Расчет выбросов парниковых газов (углекислого газа и метана) в РС (Я) в пересчете на углерод в 2008 г.**

Параметр	Вид топлива	Количество условного топлива, тыс. т. у.т.	Годовой расход топлива $B_i$ , тыс. т/год	Теплота сгорания топлива $Q_i^r$ , ТДж/тыс.т	Углекислый газ $CO_2$			Метан $CH_4$		
					Коэффициент эмиссии, т С/ТДж	Общий объем выбросов С от $CO_2$	Объем выбросов, тыс. т $CO_2$	Коэффициент эмиссии, кг/ТДж	Объем С, тыс. т.	Объем выбросов, тыс. т. $CH_4$
			$B_i \cdot Q_i^r$							
Производство электроэнергии	Газ	619,8	18164,85	15,04	273,20	1002,64	4	0,054	0,073	
	Нефтепродукты	263,3	7716,69	19,98	154,18	565,84	0,2	0,001	0,002	

Произ- водство теплоэнер- гии	Газ	1554,9	45570,39	15,04	685,38	2515,34	4	0,137	0,182	
	Нефть и газо- конденсат	265	7766,51	20,31	157,74	578,90	0,2	0,001	0,002	
	Дрова	545	15972,64	29,48	470,87	1728,11	11	0,132	0,176	
Подведенная к потребителю	а) моторное топливо	Газ	14,4	422,03	15,04	6,35	23,29	597	0,189	0,252
	б) электро- и тепло- энергия	Нефте- продукты	661,9	19398,70	19,98	387,59	1422,44	0,2	0,003	0,004
<b>Итого выбросов от дерева, газа, газоконденсата, нефти и нефтепродуктов</b>						<b>2135,30</b>	<b>7836,56</b>		<b>0,517</b>	<b>0,690</b>
Произ- водство электро- и теплоэнер- гии	Бурый уголь – лигнит	(88,94)	165,71	15,73	25,15	65,56	240,59	1,2	0,002	0,003
	Коксующий уголь	(2412,2)	2944,47	24,01	24,89	1759,64	6457,88	1,2	0,064	0,085
<b>Итого выбросов от угольного топлива</b>						<b>1825,20</b>	<b>6698,47</b>		<b>0,066</b>	<b>0,088</b>
<b>Всего выбросов</b>						<b>3960,5</b>	<b>14535,03</b>		<b>0,583</b>	<b>0,778</b>

Источник: база данных исследования

По данным государственной статистики, с 2000 г. число источников теплоснабжения сократилось на 37 %, а в общем числе источников на 16 % снизилась доля источников теплоснабжения с мощностью до 3 Гкал/час. С 27 % до 21 % снизилась доля тепловых и паровых сетей, нуждающихся в замене. В то же время, по мере роста присоединенной нагрузки увеличилась доля потерь тепловой энергии в сетях, с 13,3 % в 2000 г. до 25,3 % в 2014 г.

Значительный эффект был достигнут в сфере газификации населенных пунктов, что позволило существенно изменить структуру источников тепла по видам топлива. Удельный вес котельных, работающих на газе, в 2000-2014 гг. вырос почти в 2 раза, с 16 % до 31 %. Тем не менее доля котельных, работающих на твердом топливе (уголь), все еще высока, в 2000 г. – 65 %, в 2014 г. – 54 % [2, с. 50]. Энергосбережение позволило не только повысить экономическую эффективность сектора, но и внести определенный вклад в сокращение объемов эмиссии углерода, так как природный газ по сравнению с углем и нефтепродуктами является наиболее чистым ресурсом.

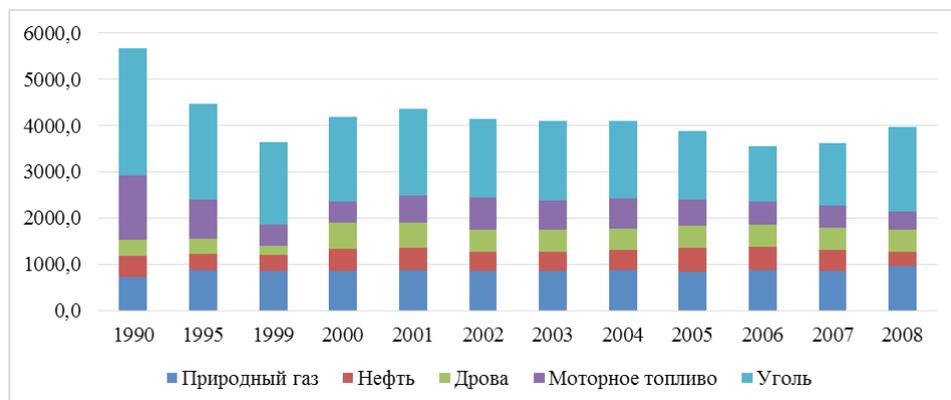
Таблица 2

Динамика объема выбросов CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> в РС (Я) в 1990–2008 гг.

Год	Углекислый газ (CO <sub>2</sub> )		Метан (CH <sub>4</sub> )	
	Объем С, тыс. т. С	Объем выбросов, тыс. т. CO <sub>2</sub>	Объем С, тыс. т.	Объем выбросов, тыс. т. CH <sub>4</sub>
1990	5666,13	20794,69	32,77	43,69
1995	4475,85	16426,36	20,21	26,94
1996	3398,53	12472,60	0,25	0,34
1997	3183,20	11682,35	0,24	0,32
1998	3119,72	11449,37	0,24	0,32
1999	3652,98	13406,45	11,04	14,71
2000	4193,69	15390,85	0,44	0,59
2001	4352,69	15974,37	0,48	0,64
2002	4134,80	15174,73	0,48	0,64
2003	4095,28	15029,67	0,51	0,68
2004	4094,88	15028,20	0,52	0,69
2005	3889,17	14273,26	0,51	0,68
2006	3547,82	13020,51	0,52	0,69
2007	3619,00	13281,73	0,54	0,72
2008	3960,50	14535,03	0,58	0,78

Источник: база данных исследования

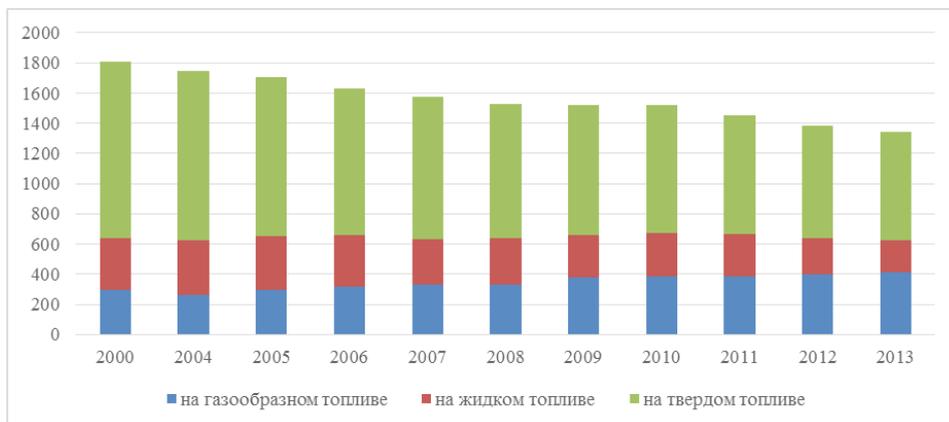
Как показывают данные ТЭБ в 2010 г. (прил. № 16 к программе РС (Я) «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на 2012-2016 годы и на период до 2020 года» [10]), в структуре эмиссии углерода наибольший удельный вес приходится на производство электро- и теплоэнергии.



**Рис. 1.** Динамика и структура эмиссии углерода от антропогенных факторов на основе ТЭБ РС (Я) в 1990-2008 гг., тыс. т

Источник: база данных исследования

Также выполнена оценка эмиссии углерода в Республике Саха (Якутия) в 2010 г., в связи с отсутствием количественных данных по внутреннему потреблению угля она нуждается в последующей корректировке. Данные показывают, что объем выбросов увеличился на 30% по сравнению с 2008 г. Это может быть обусловлено началом реализации перевода котельных



**Рис. 2.** Число источников теплоснабжения на конец года по видам топлива

Источник: данные Саха (Якутия) стага [8]

Республики Саха (Якутия) на угольное топливо в 2009–2011 гг. в рамках подпрограммы «Модернизация и техническое перевооружение объектов жилищно-коммунального комплекса» [11]. Рост эмиссии в настоящее время отчасти компенсируется реализацией следующих программ: «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на 2012-2016 годы и на период до 2020 года» (Указ Президента РС (Я) от 8 июня 2012 г. N 1464) [9], «Энергоэффективная экономика на 2012–2017 годы и на период до 2020 года» (Указ Президента РС (Я) от 12 октября 2011 г. N 971) [3].

## 2. Модернизация систем тепло- и электроснабжения

В 2010 г. в целях повышения эффективности текущих расходов государственного бюджета РС (Я) в части коммунальных услуг было создано государственное бюджетное учреждение «Региональное агентство энергоресурсосбережения» [7]. В его задачи входит исполнение функций государственного заказчика по внедрению комплексных инновационно-технических, финансовых и кадровых решений в сфере реализации энергосберегающих мероприятий.

Модернизация локальной энергетики в Якутии проводится в настоящее время путем внедрения комплексных *энергосервисных контрактов* на принципах концессии. Это один из наиболее эффективных финансовых механизмов, позволяющих привлечь средства частных инвесторов в энергосбережение [17]. Специализированная

компания приходит на объект, реализует за свой счет мероприятия по повышению энергоэффективности и получает оплату за счет достигнутой экономии согласно условиям концессионного соглашения. По состоянию на 01.01.2016 в республике реализовывалось 154 контракта на 265 объектах, включая 22 многоквартирных дома, 221 бюджетное учреждение, 13 котельных, 4 системы городского уличного освещения, на 01.09.2013 – 133 контракта на 348 объектах. Тем не менее, существуют факторы, сдерживающие энергосервисную деятельность, и связаны они, прежде всего с недоработкой нормативно-правовой базы, регулирующей этот вид договорных отношений.

Наибольший экономический эффект получается при реализации комплекса мероприятий [13]:

- 1) снижение теплотеря здания в основных узлах;
- 2) установка приборов учета потребляемых электроэнергии, тепла и воды;
- 3) автоматизация и диспетчеризация оборудования, систем и приборов учета;
- 4) регулирование гидравлики с помощью интеллектуальной автоматики.

Помимо переоборудования внутридомовых систем отопления в жилых и общественных зданиях, в рамках концессионных соглашений энергосервисные компании оптимизируют работу котельных, например, ООО «Энергосберегающие технологии» проводит модернизацию 12 котельных в Намском улусе (с. Аппааны – 6 кот., с. Хамагатта – 5 кот., с. Графский Берег – 1 кот.) согласно контракту, заключенному в 2013 г. (срок контракта – до 2020 г.). В результате модернизации котельной в Аппанах наблюдалось: уменьшение расхода электроэнергии на 46%, уменьшение расхода газа на 60%, уменьшение выбросов загрязняющих веществ на 55%. Для этого села фактическая экономия газа в натуральном выражении составила 6,515 тыс. м<sup>3</sup> или 5,212 т, а объем «неэмиссии» углерода (CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>) 33 т С в год. Таким образом, снижение расхода газа в котельных приводит к снижению выбросов углерода в такое же количество раз. Если считать, что уменьшение выбросов парниковых газов в результате модернизации каждой котельной составит 60%, то при модернизации всех котельных в республике сокращение эмиссии углерода может достичь 14,6% (всего вклад котельных в эмиссию ПГ – 24,47% на основе данных ТЭБ РС (Я) за 2010 г.) и более при условии максимально возможного перевода источников теплоснабжения на природный газ.

**«Неэмиссия» парниковых газов (углекислого газа и метана) в РС (Я)  
в пересчете на углерод после проведения энергоэффективных мероприятий  
по оптимизации работы котельных на 01.01.2016**

№ п/п	Район (улус)	Вид топлива	Фактическая экономия теплоэнергии в натуральном выражении, ТДж	Углекислый газ CO <sub>2</sub>				Метан CH <sub>4</sub>		
				Коэффициент эмиссии, т С/ТДж	Коэффициент, т CO <sub>2</sub> /т С	Объем С, тыс.т С	Объем выбросов, тыс. т CO <sub>2</sub>	Коэффициент эмиссии, кг/ТДж	Объем С, кг	Объем выбросов, т
1	МР «Амгинский улус»	Уголь	23,69	24,89	3,67	<b>0,59</b>	<b>2,16</b>	1,2	<b>21,32</b>	<b>0,028</b>
2	МР «Верхнеколымский улус»	Уголь	2,55	24,89	3,67	<b>0,06</b>	<b>0,23</b>	1,2	<b>2,30</b>	<b>0,003</b>
3	МР «Горный улус»	Природный газ	44,26	15,04	3,67	<b>0,67</b>	<b>2,44</b>	4	<b>132,79</b>	<b>0,177</b>
4	МР «Момский район»	Дрова	24,57	29,48	3,67	<b>0,72</b>	<b>2,66</b>	11	<b>202,67</b>	<b>0,270</b>
5	МР «Намский улус»	Природный газ	19,86	15,04	3,67	<b>0,30</b>	<b>1,10</b>	4	<b>59,59</b>	<b>0,079</b>
6	МР «Олекминский район»	Нефтяное топливо	1,61	20,31	3,67	<b>0,03</b>	<b>0,12</b>	0,2	<b>0,24</b>	<b>0,000</b>
7	МР «Сунтарский улус»	Уголь	29,85	24,89	3,67	<b>0,74</b>	<b>2,73</b>	1,2	<b>26,86</b>	<b>0,036</b>
8	МР «Таттинский улус»	Уголь	22,49	24,89	3,67	<b>0,56</b>	<b>2,05</b>	1,2	<b>20,24</b>	<b>0,027</b>
9	МР «Томпонский район»	Уголь	36,12	24,89	3,67	<b>0,90</b>	<b>3,30</b>	1,2	<b>32,50</b>	<b>0,043</b>
10	МР «Усть-Алданский улус»	Уголь	72,05	24,89	3,67	<b>1,79</b>	<b>6,58</b>	1,2	<b>64,84</b>	<b>0,086</b>
11	МР «Усть-Янский район»	Уголь	9,07	24,89	3,67	<b>0,23</b>	<b>0,83</b>	1,2	<b>8,16</b>	<b>0,011</b>
12	МР «Хангаласский улус»	Природный газ	4,72	15,04	3,67	<b>0,07</b>	<b>0,26</b>	4	<b>14,17</b>	<b>0,019</b>
	<b>Всего</b>					<b>6,67</b>	<b>24,47</b>		<b>585,7</b>	<b>0,78</b>

Источник: база данных исследования

**«Неэмиссия» парниковых газов (углекислого газа и метана) в РС (Я)  
в пересчете на углерод после проведения энергоэффективных мероприятий  
по оптимизации работы электростанций на 01.01.2016**

№ п/п	Район (улус)	Вид топлива	Фактическая экономия электроэнергии в натуральном выражении		Углекислый газ CO <sub>2</sub>			Метан CH <sub>4</sub>		
					Коэффициент эмиссии, т С/ТДж	Объем С, тыс.т С	Объем выбросов, тыс. т CO <sub>2</sub>	Коэффициент эмиссии, кг/ТДж	Объем С, т	Объем выбросов, т
			кВт*ч	ТДж						
1	ГО г. Якутск	Природный газ	7089717	255,23	15,04	3,84	14,09	4	0,77	1,021
2	МР «Намский улус»	Природный газ	162874,85	5,86	15,04	0,09	0,32	4	0,02	0,023
3	МР «Олекминский район»	Нефтяное топливо	35647,08	1,28	20,31	0,03	0,10	0,2	0,00	0,000
4	МР «Хангаласский улус»	Природный газ	25,2723	0,001	15,04	0,000	0,000	4	0,000	0,000
5	МР «Чурапчинский улус	Природный газ	19398,7	0,70	15,04	0,01	0,04	4	0,00	0,003
	<b>Всего</b>					<b>3,96</b>	<b>14,55</b>		<b>0,79</b>	<b>1,047</b>

Источник: база данных исследования

По предоставленным ГБУ РС (Я) «РАЭР» данным по фактической экономии тепловой энергии и электроэнергии в натуральном выражении (в Гкал и кВтч) была рассчитана «неэмиссия» или объем парниковых газов, не эмитированный в результате проведения энергосберегающих мероприятий. Накопленная, начиная с 2011 г., когда начали заключаться первые энергосервисные контракты, «неэмиссия» углерода на 01.01.2016 г. оценивается в 10,63 тыс. т С (табл. 3, 4) или 0,3 % в условиях 2006 г., 0,27 % в условиях 2008 г.

Проведение энергосберегающих мероприятий в рамках энергосервисного договора представляет собой инвестиционный процесс, поэтому имеют место финансовые риски, в особенности, для энергосервисных компаний (ЭСКО). По состоянию на начало 2016 г. фактическая экономия с момента заключения контрактов оказалась равной 511,6 млн. руб., что составило 59% от запланированной суммы экономии за весь срок действия контракта – 874,5 млн. руб. Учитывая, что прошло, в среднем, около половины срока действия заключенных договоров, вполне вероятно выполнение их условий. Тем не менее, экономия средств по сравнению с изначально вложенными средствами превысила 61,8 млн. руб. (вложенные средства исполнителей – 449,8 млн. руб.), часть предприятий полностью окупилась. По состоянию на 01.01.2016 г. на каждую тысячу тонн углерода, не эмитированного в результате проведения энергоэффективных мероприятий, приходится 42,3 млн. рублей вложенных средств и 48,0 млн. руб. экономии.

## Выводы

Следует отметить наличие значительного эффекта от осуществления программ по энергоресурсосбережению с точки зрения экономии природных ресурсов, снижения выбросов парниковых газов (на 0,3% от годовой эмиссии). Из-за нехватки средств модернизация пока не стала масштабной, она охватывала только ряд муниципальных районов Якутии. Поэтому в бюджетной и социальной сферах республики остается огромный потенциал для реализации энергосберегающих мероприятий, позволяющих не только получить экономию средств, но сократить эмиссию углерода в условиях Арктики.

Согласно рейтингу 2015 г., разработанному ГБУ РС (Я) «РАЭР», в реализации целевых программ, по энергосбережению лидирующие позиции в Якутии занимают Намский улус, городской округ «Поселок Жатай», Усть-Янский и Нерюнгринский районы.

Среди ЭСКО региона можно выделить ООО «Энергосберегающие технологии» и ОАО «Центр энергоресурсосбережения и новых технологий Республики Саха (Якутия)», вошедшие в 2015 г. во Всероссийский рейтинг энергосервисных компаний и занявшие 8 и 23 места соответственно, в связи с демонстрацией наилучших результатов по заключению и реализации энергосервисных контрактов с заказчиками различных категорий [17].

Необходимо учитывать, что реализация основного объема энергосберегающих мероприятий была произведена после вступления в силу Федерального закона «Об энергосбережении» [5], поэтому для более качественного анализа эффективности этих мероприятий с точки зрения динамики эмиссии углерода требуется расширить исследуемый период, начиная с 2009 г., и, соответственно, уточнить данные топливно-энергетического баланса в разрезе потребления различных топливных ресурсов.

Таким образом, ожидаемый эффект, получаемый от энергосберегающих мероприятий, только отчасти покрывает рост эмиссии углерода, который отмечается после 2006 г. Это обусловлено рядом факторов, включая: увеличение объемов жилищного строительства и рост потребления тепловой энергии, перевод части котельных на уголь, рост объемов добычи нефти предприятиями-поставщиками ВСТО. Для более точной оценки влияния этих процессов на общий объем динамики эмиссии углерода в регионе необходимо использовать факторный анализ.

## Литература

1. Белоусов, В.Н. Энергосбережение и выбросы парниковых газов (CO<sub>2</sub>) / В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, В.Ю. Лакомкин. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГТУРП, 2014. – 52 с.
2. Гаврильева, Т.Н. Территориальная дифференциация в обеспечении доступности электрической и тепловой энергии в Якутии / Т.Н. Гаврильева, М.Ю. Присяжный, Ш. Табата и др. // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. – 2016. – № 2 (8). – С. 42-56.

3. Государственная программа Республики Саха (Якутия) «Энергоэффективная экономика на 2012 – 2017 годы и на период до 2020 года», утв. Указом Президента РС (Я) от 12 октября 2011 года № 971 / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт» – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/473509571>

4. Давыдова, А. Восточную Сибирь хотят лишить свободы выброса [Электронный ресурс] / А. Давыдова // Коммерсантъ. № 30. 24.02.2016 – Режим доступа: <http://kommersant.ru/doc/2922826> (дата обращения: 10.11.2016 г.)

5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: федеральный закон от 23 ноября 2009 года N 261-ФЗ (ред. от 03.07.2016) / Справочно – правовая система «КонсультантПлюс» – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=200835#0> (дата обращения: 25.11.2016 г.)

6. Кавкаева, Н.В. Основы экономики и технологии важнейших отраслей хозяйства / Н.В. Кавкаева. – Москва – Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 236 с.

7. Официальный сайт Государственного бюджетного учреждения Республики Саха (Якутия) «Региональное агентство по энергоресурсосбережению» [Электронный ресурс] / ГБУ РС (Я) «РАЭР» – Якутск, 2016. – Режим доступа: <http://gaurair.ru/> (дата обращения: 2.11.2016 г.)

8. Официальный сайт Сахастат [Электронный ресурс] / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) – Якутск, 2016. – Режим доступа: <http://sakha.gks.ru/> (дата обращения: 2.11.2016 г.)

9. Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов [Электронный ресурс] / МГЭИК, 1996 г. – Режим доступа: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/russian.html> (дата обращения: 2.11.2016 г.)

10. Программа Республики Саха (Якутия) «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на 2012-2016 годы и на период до 2020 года» [Электронный ресурс], утв. Указом Президента Республики Саха (Якутия) от 8 июня 2012 г. N 1464 / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт» – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/473501755> (дата обращения: 2.11.2016 г.)

11. Республиканская целевая программа «Реформирование и развитие жилищно-коммунального комплекса Республики Саха (Якутия) на 2009-2011 годы» [Электронный ресурс], утв. Указом Президента РС (Я) от 26 декабря 2009 года №1779 / Официальный информационный портал РС (Я) – Режим доступа: <https://www.sakha.gov.ru/files/front/download/id/160555> (дата обращения: 25.11.2016 г.)

12. Свирь, А. Налог на выдох. Ради чего бороться с углеродом? [Электронный ресурс] / А. Свирь // Аргументы и факты. № 11. 16.03.2016 – Режим доступа: [http://www.kuzbass.aif.ru/society/nalog\\_na\\_vydoh\\_radi\\_chego\\_borotsya\\_s\\_uglerodom](http://www.kuzbass.aif.ru/society/nalog_na_vydoh_radi_chego_borotsya_s_uglerodom) (дата обращения: 25.11.2016 г.)

13. Стратегическая программа развития инжинирингового центра «АИЦ-инжиниринг» Энергоэффективность и ВИЭ в условиях Севера и Арктики на базе Северо-Восточного Федерального Университета им. М.К. Аммосова. – Якутск, 2014.

14. Топливо-энергетический баланс Республики Саха (Якутия). Часть I / М-во экон. развития Респ. Саха (Якутия), ин-т физ.-техн. проблем Севера СО РАН: науч. рук. и отв. исполн. д.т.н. Н.А. Петров. – Якутск : Сахаполиграфиздат, 2005. – 160 с.

15. Топливо-энергетический баланс Республики Саха (Якутия). Часть II / М-во экон. развития Респ. Саха (Якутия), науч. рук. и отв. исполн. д.т.н. Н.А. Петров. – Якутск : Сайдам, 2006. – 208 с.

16. Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года / Правительство Респ. Саха (Якутия) – Якутск ; Иркутск : Медиа-холдинг «Якутия», и др., 2010. – 328 с.

17. Энергосбережение в Якутии: информационно-специализированный журнал. Выпуск № 6 (24). Якутск, ноябрь-декабрь 2015.

## References

1. Belousov, V.N., Smorodin S.N., Lakomkin V.Y. Energy-saving and greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>). – St. Petersburg: Publishing SPbGTURP, 2014. – 52 p.

2. Gavrilyeva, T.N. Territorial differentiation in the availability of electricity and heat in Yakutia / T.N. Gavrilyeva, M.Y. Sworn, S. Tabata et al // Arctic of the XXI century. Humanitarian sciences. – 2016. – No 2 (8). – P. 42-56.

3. The Republic of Sakha State Program (Yakutia) “Energy Efficient Economy for 2012 – 2017 and for the period till 2020”, approved. Decree of the President of Sakha (Yakutia) dated October 12, 2011 No 971 / E-fund legal and normative-technical documentation “Techexpert” – Access: <http://docs.cntd.ru/document/473509571>

4. A. Davydov. Eastern Siberia want to deprive svobody release [electronic resource] / A. Davydov // The newspaper “Kommersant» No 30 from 02.24.2016 – Access: <http://kommersant.ru/doc/2922826> (reference date: 11.10.2016 city)

5. On energy saving and energy efficiency improvements and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation [the Electronic resource]: the Federal Law of November 23, 2009 No 261-FZ (ed. From 3.7.2016) / reference – legal system “Consultant” - access: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=200835#0> (reference date: 25/11/2016 g)?

6. Kavkaeva, N.V. Basics of Economics and Technology the most important sectors of the economy. – M. ; Berlin: Direct Media, 2015. – 236 p.

7. The official website of the State budget institutions of the Republic of Sakha (Yakutia) “Regional Agency for energy and resource saving” [Electronic resource] / GBU RS (Y) “RAER” – Yakutsk, 2016. – Access: <http://gaurair.ru/> (date treatment: 11/02/2016 g)

8. The official website Sahastat [electronic resource] / territorial body of the Federal Service for the Republic of Sakha (Yakutia), the state statistics – Yakutsk, 2016. – Access: <http://sakha.gks.ru/> (reference date: 11/02/2016 Mr. )

9. The revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [electronic resource] / IPCC, 1996 – Access: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/russian.html> (reference date: 11.02.2016 city)

10. The program of the Sakha Republic (Yakutia) “Energy saving and energy efficiency in the years 2012-2016 and for the period till 2020” [electronic resource], approved. Decree of the President of the Republic of Sakha (Yakutia) on June 8, 2012 No 1464 / E-fund legal and normative-technical documentation “Techexpert” – Access: <http://docs.cntd.ru/document/473501755> (reference date: 2.11. 2016)

11. The republican target program “Reforming and development of housing and communal complex of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2009-2011” [electronic resource], approved. Decree of the President of Sakha (Yakutia) on December 26, 2009 №1779 / Official Information Portal of Sakha (Yakutia) – Access: <https://www.sakha.gov.ru/files/front/download/id/160555> (reference date: 25.11.2016 city)

12. Svir A. Tax on exhalation. For what fight with carbon? [Electronic resource] / A. Svir // weekly “Arguments and Facts” No 11 dated 03.16.2016 – Access: [http://www.kuzbass.aif.ru/society/nalog\\_na\\_vydoh\\_radi\\_chego\\_borotsya\\_s\\_uglerodom](http://www.kuzbass.aif.ru/society/nalog_na_vydoh_radi_chego_borotsya_s_uglerodom) (reference date: 11/25/2016 Mr.)

13. The strategic program for the development of the engineering center “ARC-engineering” Energy efficiency and renewable energy in the North and the Arctic on the basis of the North-Eastern Federal University. MK Ammosova. Yakutsk, 2014

14. Energy balance of the Republic of Sakha (Yakutia). Part I / Min. of econ. of Rep. Sakha (Yakutia), the Institute of Physics and Technical. Problems of the North SB RAS: Scientific. hands. and holes. executed. D.t.s. O.N. Petrov. – Yakutsk: Sahapoligrafizdat, 2005. – 160 p.

15. Energy balance of the Republic of Sakha (Yakutia). Part II / Min. of econ. of Rep. Sakha (Yakutia), scientific. hands. and holes. executed. dts O.N. Petrov. – Yakutsk: Saydam, 2006. – 208 p.

16. The Energy Strategy of the Republic of Sakha (Yakutia) for the period up to 2030 / Government of Rep. Sakha (Yakutia) – Yakutsk, Irkutsk: Media Holding “Yakutia”, etc., 2010. – 328 p.

17. Energy saving in Yakutia: information and specialized magazine. Iss. No 6 (24). Yakutsk, November-December 2015.

## СОБЫТИЯ, ПРОЕКТЫ, ГРАНТЫ

УДК 910.4

С.Е. Федоров<sup>1</sup>

### К 220-ЛЕТИЮ АДМИРАЛА П.Ф. АНЖУ (1797-1869)

#### THE 220<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF ADMIRAL P.F.ANJOU (1797-1869)

28 февраля (15 февраля по старому стилю) 2017 года исполняется 220 лет со дня рождения Петра Федоровича Анжу – действительного члена Императорского Русского Географического Общества с момента его основания в 1845 г. Именем адмирала П.Ф. Анжу названа одна из наиболее крупных групп Новосибирских островов (Котельный, Новая Сибирь, Бельковский) – острова Анжу, а также мыс в море Лаптевых. Русский полярный исследователь, адмирал, почетный член Морского ученого комитета П.Ф. Анжу родился в Вышнем Волочке в 1797 году в семье уездного врача. Его дед «часовых дел мастер», выходец из Франции, переехал в Россию во второй половине XVIII века и поселился в Москве. За время пребывания в России семья Анжу обрусела, и Петр Федорович являлся представителем уже третьего поколения [1].

Поводом для написания статьи послужило мое знакомство на Федеральном Арктическом форуме «Дни Арктики в Москве» в ноябре 2015 года с Георгием – Кириллом Игоревичем Шалахиным.

К.И. Шалахин – прямой потомок в седьмом поколении адмирала русского Императорского флота П.Ф.Анжу, член Международного Союза Дворян (г. Москва, Россия), организатор общественной инициативной группы «Наследие адмирала Анжу П.Ф.». В XVIII веке на картах Арктика обозначалась огромным белым пятном, а о землях, расположенных за Полярным кругом, ходили фантастические легенды. Многие юные моряки кадетского Морского корпуса грезили дальними походами и путешествиями. Не были исключением и два друга: Петр Анжу и Фердинанд Врангель, жизненные пути которых волею судеб были тесно переплетены. Ровесники, они вместе блестяще закончили кадетский Морской корпус, с детства став друзьями на всю жизнь, будущие адмиралы, полярники П.Ф.Анжу и Ф.П.Врангель, чьи имена золотыми буквами нанесены на географические карты России, поставили перед собой цель – исследование Арктики. Оба они внесли равный вклад в «отчизноведение» (был раньше такой хороший термин) и были равно награждены орденами, чинами и прочим. Но в памяти потомков Врангель занял более почетное место, может быть, потому, что его имя носит остров на Чукотском море, о котором часто говорилось и писалось.

<sup>1</sup> Федоров Сергей Егорович – НИИ прикладной экологии Севера СВФУ им. М.К.Аммосова, г. Якутск. E-mail: sergej.fedorov@mail.ru

Fedorov S.E. – Institute of Applied Ecology of the North of NEFU, Yakutsk.

И возможно, от того что Врангель после себя оставил увлекательное двухтомное описание своего путешествия [2], а дневники Анжу сгорели во время пожара [3].

В конце декабря 1818 года руководитель Адмиралтейства Г.А. Сарычев, представляя морскому министру программу исследований Русского флота, обратил внимание на то, что к востоку от Новой Сибири, против мыса Шелагского, «по уверению чукчей, находится земля, обитаемая дикими людьми, и что эту землю можно описать в весеннее время на собаках по льду таким же образом, как описана была Новая Сибирь» [4]. Правительство снарядило Колымскую и Усть-Янскую экспедиции для поисков и описания земель, лежащих к северу от Яны и Колымы. Прежде всего, безусловно, одной из основных задач Усть-Янской экспедиции была «земля», которую промышленник Яков Санников видел в 1810 году в северной оконечности о-ва Котельный: «...на северо-запад, в примерном расстоянии 70 верст, видны высокие каменные горы...», которую впоследствии, в 1882 году, ученый секретарь Императорского Русского географического общества А.Ф. Григорьев впервые назвал в печати «Землей Санникова». Земля Санникова продолжала будоражить умы исследователей многих поколений.

Янский отряд возглавил 24-летний лейтенант морского флота П.Анжу, а Колымский – 24-летний лейтенант Ф. Врангель. Общая смета обеих экспедиций была рассчитана на сумму 66 079 рублей ассигнациями. Усть-Янская экспедиция должна была описать Новосибирские острова и выяснить, не продолжается ли Новая Сибирь «далее и нет ли еще близь нее других земель» таких, например, как загадочная Земля Санникова. В феврале 1820 года П.Ф. Анжу был произведен в лейтенанты, а 20 марта того же года оба отряда покинули Петербург и в начале лета достигли Иркутска, где их встретил известный полярный исследователь М.М. Геденштром. 25 июня отряды направились в Качуг, где их ожидало большое плоскодонное судно. Обе экспедиции отправились вниз по Лене и 25 июля достигли Якутска. В распоряжении Анжу было два штурманских помощника – И.А. Бережных и П.И. Ильин, медик-хирург А.Е. Фигурин, матрос Игнашев, слесарь Воронков. В начале августа пути экспедиций Анжу и Врангеля разошлись. Отряд Анжу продолжил путь вниз по Лене и благополучно добрался до Усть-Янска, поселка, расположенного почти у берегов Северного Ледовитого океана, у начала дельты реки Яна. Участники обеих экспедиций во многом обязаны помощи местного населения, местные власти обеспечивали путешественников транспортом, продовольствием, проводниками-каюрами и рабочими (ЯЦГА, ф. 37-й, оп.1, д.406). Так, в Жиганском и Зашиверском улусах к октябрю 1820 года (ко времени прибытия П.Анжу) было собрано от приморских жителей и приготовлено в Усть-Янске 90 пудов сушеного оленьего мяса, 19 пудов копченых оленьих языков, 36 нарт, 468 собак, 41300 сельдей (ряпушки) для корма собак, около 100 оленей, построен домик с башней для жилья и астрономических наблюдений, подобраны 36 каюров – «здоровых, расторопных и хорошего поведения» (ЯЦГА, ф. 37-й, оп.1, д.362, лл. 1-12; ф.51-й, оп.1., д.85., лл. 9-10). Проводниками Анжу и его спутников служили эвенки Иван Шумахов, Иван Соловьев, якуты Кирилл Корякин, Никита Портнягин и многие другие (ЯЦГА, ф. 37-й, оп.1, д.362, лл. 143-146) [5]. В марте 1821 года экспеди-

ция двинулась на оленях и собачьих упряжках в путь к устью Лены, откуда Анжу и его спутники взяли курс по морскому льду на северо-восток к острову Столбовому. На берегах острова они нашли множество деревянных крестов, поставленных около двухсот лет назад казаками-первопроходцами. Достигнув южного берега острова Котельный, экспедиция разделилась на две партии. Одна должна была заняться описанием острова Фаддеевского, а Анжу взял на себя описание острова Котельного.

5 апреля 1821 года Анжу, прервав исследования, отправился на поиски Земли Санникова. Путь экспедиции лежал на северо-запад, по льду океана. К морозам, ветрам и метелям прибавились новые препятствия – торосы, трещины, полыньи. Наконец с вершины высокого тороса путешественники разглядели контуры неведомого острова. Никто не сомневался, что на долю экспедиции выпало выдающееся открытие, и все поздравляли друг друга с успехом. Но вскоре туман рассеялся и стало ясно, что не было ни гор, ни неведомой земли – ничего, кроме причудливого нагромождения ледяных глыб. П.Ф. Анжу прошел около 44 верст на северо-запад от острова Котельный, пока не наткнулся на край припайного льда у границы с Великой Сибирской полыней. В отличие от Санникова, отряд Анжу обладал хорошими зрительными трубами, но попытки разглядеть «землю» не увенчались успехом: «Предполагаемой земли не было видно» и Анжу пришел к выводу, что Санников видел «туман, похожий на землю». Отряд повернул назад. 12 апреля Анжу встретился с отрядом Ильи Бережных, который успешно провел описание части берегов о-вов Фаддеевского и Котельного. Но и он не обнаружил Земли Санникова. После непродолжительного отдыха экспедиция отправилась на север для поисков неизвестных островов. Анжу намеревался достичь острова Новая Сибирь и оттуда предпринять новые поиски Земли Санникова. Пройдя по льду через пролив Благовещенский, Анжу и его спутники вышли к мысу Высокому. Но и здесь их подстерегала неудача: на небольшом расстоянии от берега виднелось открытое море с плавающими ледяными полями. Достигнув мыса Рябого на северо-восточной стороне острова и убедившись в том, что море в этом районе покрыто сплошным льдом, экспедиция предприняла еще одну попытку разыскать Землю Санникова. Но, пройдя к северо-востоку от Новой Сибири около 25 верст, Анжу отдал приказ возвращаться. 8 мая 1821 года экспедиция вернулась в Усть-Янск. Осень и зиму Анжу провел в подготовке к новому походу. С наступлением светлого времени Анжу поручил штурманскому помощнику Ильину произвести описание побережья Северного Ледовитого океана между реками Яна и Оленек. Основная часть экспедиции отправлялась на Новосибирские острова и дальше, к северу от них. 28 февраля 1822 года Анжу и Бережных вышли в поход. В распоряжении экспедиции было 156 собак, запряженных в 12 нарт. Запасы продовольствия взяты на два месяца. Несколько дней двигались по припайному льду. Достигнув его северного края, они повернули на запад. Лед под ногами заметно колебался. Как тщательно ни осматривал Анжу горизонт на севере и северо-западе, признаков земли не открывалось. Тогда Анжу повернул к острову Котельному. В конце марта экспедиция перебралась на остров Фаддеевский и занялась обследованием западного и южного берегов. Закончив работы на Новой Сибири, Анжу вновь отправился на поиски зем-

ли, которую Яков Санников видел к северо-востоку от этого острова. Но поиски были безуспешны. Анжу вернулся в Нижнеколымск в то же время, что и отряд Врангеля. Осенью Анжу и его спутники продолжили опись Лены до селения Жиганск и нанесли на карту устье Индигирки.

Усилиями Пётра Анжу и его спутников на карту России было нанесено северное побережье Азии от реки Оленек до Индигирки, обследована Лена на значительном протяжении, произведена опись Семеновского, Васильевского, Бельковского, Котельного, Фаддеевского, Большого и Малого Ляховских островов, а также островов Новой Сибири и Земли Бунге, которая на карте Анжу показана по своим очертаниям близкой к современным. Моряки прошли зимой на собаках около 10 тыс. км, а летом – на лодках и верхом на лошадях – около 4 тыс. км, обследовали десятки заливов, бухт, мысов, устья рек, произвели подробную опись и исправили многие неточности прежних карт северного побережья Сибири [1]. Анжу выяснил, что море к северу от Новосибирских островов не ограничено «исполинской землей», так как именно в отсутствие приливов и отливов вблизи Колымы в то время видели одно из доказательств существования на севере «матерой земли». Таким образом, результаты исследований убедительно доказывали, что никаких земель на север от Новосибирских островов не существует [6]. По прибытии в Петербург П.Анжу и Ф.Врангеля принял император Александр I, который был восхищен подвигом исследователей. За этот труд П.Ф. Анжу был произведен в чин капитан-лейтенанта и награжден орденом Святого Владимира 4-й ст. [1].

Потомок П.Ф.Анжу К.И. Шалахин, получивший в 90-х гг. XX в. российское гражданство, активно участвует в жизни морского кадетского движения России. В 2010 г. К.И. Шалахин стал инициатором ежегодного вручения памятных часов им. адмирала П.Ф., Анжу лучшим выпускникам (серебряным медалистам) морских кадетских корпусов Москвы, Калининграда и Кронштадта под девизом: «Время всегда с тобой: от кадета – до адмирала!». Список кадетских корпусов, принявших предложение участвовать в новой традиции – расширяется.

В 2015 году К.И. Шалахин впервые вручил свой приз лучшему выпускнику Санкт-Петербургского Нахимовского училища. За 5 лет обладателями приза им. адмирала П.Ф. Анжу стали 18 кадетов-выпускников, которые продолжают обучение в высших военно-морских заведениях России. Кирилл Игоревич занимается продвижением идеи по подготовке торжественных мероприятий в России, посвященных 190-летию Победы объединенных сил англо-франко-русской эскадры в битве при Новарино и активном участии представителей ВМФ РФ в международных празднованиях в честь этого события в Греции.

Отдавая дань памяти своему предку – адмиралу, герою Новаринского сражения, знаменитому ученому-исследователю, так много сделавшему для России, К.И. Шалахин инициировал возрождение традиции посещения российскими боевыми кораблями греческого порта Пилос. Министр обороны РФ С. Шойгу поддержал это обращение и отдал распоряжение об участии в 2017 году корабля ВМФ РФ в 190-летнем

юбилее победы при Новарино, а Морская коллегия при правительстве РФ внесла в график учебного плавания одного из парусных судов заход судна в порт Пилос в октябре 2017 года. В 2015 г. К.И.Шалахин был приглашен на торжественный Прием по случаю юбилея РГО в качестве почетного гостя с приветственным словом от потомков первых членов и основателей общества.

К.И. Шалахин вручил С.К. Шойгу – председателю РГО – памятную тарелку Императорского фарфорового завода с изображением портрета адмирала П.Ф. Анжу и очертаниями островов Анжу в Новосибирском архипелаге. К.И. Шалахин надеется установить дружеские связи с Республикой Саха (Якутия), с тем самым регионом России, в исследованиях и географических описаниях которого непосредственно принимал участие и внес неоценимый вклад его предок – адмирал П.Ф. Анжу, один из тех, кто стоял у истоков Русского Географического общества.

### **Литература**

1. Шалахин, К.И. Доклад к летней школе РГО / К.И. Шалахин. – Москва, 2015. – С. 1-2.
2. Врангель, Ф.П. Путешествие по северным берегам Сибири и по Ледовитому морю, совершенное в 1820-1824 гг. / Ф.П. Врангель. – Москва ; Ленинград : Изд-во Главсевморпути, 1948. – 456 с.
3. Иванов, В.Л. Архипелаг двух морей / В.Л. Иванов. – Москва : Мысль. 1978. – 168 с.
4. Мостахов, С.Е. История географического изучения Северо-Востока Сибири (XVII в. – нач. XX в.). Избранные труды / С.Е. Мостахов. – Якутск : ИД СВФУ, 2013. – С. 113-114.
5. Мостахов, С.Е. История географического изучения Северо-Востока Сибири (XVII в. – нач. XX в.). Избранные труды / С.Е. Мостахов. – Якутск : ИД СВФУ, 2013. – С. 110.
6. Карелин, Д.Б. Море Лаптевых / Д.Б. Карелин. – Москва ; Ленинград : Изд-во Главсевморпути, 1947. – 199 с.

Информационно-научное издание

**АРКТИКА. XXI век. Естественные науки**

*Распространяется бесплатно*

№ 1(4)

2016

**Главный редактор**

М.Ю. Присяжный

**Учредитель**

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова»

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка *О. К. Соловьева*  
Оформление обложки *П. И. Антипин*

Подписано в печать 29.01.2017. Дата выхода 30.01.2017.  
Формат 70x100/16. Печать цифровая. Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 3,7. Тираж 50 экз. Заказ № 14.  
Издательский дом Северо-Восточного федерального университета  
Адрес типографии: 677891, г. Якутск, ул. Петровского, 5.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-54131 от 17 мая 2013 г.  
Зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций