



**Федеральный исследовательский центр
«Кольский научный центр Российской академии наук»**

**Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра Российской академии наук**

**Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина
Кольского научного центра Российской академии наук**



**СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
В УСЛОВИЯХ
ГЛОБАЛЬНЫХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ
И ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**



ФИЦ
КНЦ
РАН

**Федеральный исследовательский центр «Кольский
научный центр Российской академии наук»**



**Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра Российской академии наук**



**Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина
Кольского научного центра Российской академии наук**

«СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ И ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА»

**Отчет по итогам междисциплинарного исследовательского семинара
в рамках проекта РФФИ-Арктика 18-05-60142**

**«Зоны интенсивного природопользования в российской Арктике
в условиях изменения климата: природные и социальные процессы
в долгосрочной перспективе»**

Апатиты
2019

УДК 332.1:551.58(470.21)
DOI: 10.25702/KSC.978-5-91137-394-8
С92

Сценарии развития Мурманской области в условиях глобальных неопределенностей и изменений климата / коллектив авторов; под науч. ред. д.т.н. В.А. Маслобоева, к.э.н. Л.А. Рябовой, к.э.н. Е.М. Ключниковой. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2019. – 52 с.

Отчет содержит результаты проведения междисциплинарного исследовательского семинара «Сценарии развития Мурманской области в условиях глобальных неопределенностей и изменений климата», организованного в рамках выполнения проекта № 18-05-60142 «Зоны интенсивного природопользования в российской Арктике в условиях изменения климата: природные и социальные процессы в долгосрочной перспективе», грант РФФИ-Арктика.

Описана методика проведения исследовательского семинара на основе применения сценарного подхода, представлены тексты тематических докладов, сделанных участниками проекта, и четыре возможных сценария развития Мурманской области на период до 2050 г., разработанные на семинаре. Отчет может быть полезен для научных работников, аспирантов и студентов различных специальностей, а также тех, кого интересуют проблемы изменения климата в Арктике, в частности, его возможные экономические, социальные и экологические последствия для одного из арктических регионов России – Мурманской области.

Авторский коллектив: Д.Б. Денисов (раздел 2.2.2), Л.В. Иванова (разделы 1, 3.4), Л.Г. Исаева (раздел 2.1.1), Е.М. Ключникова (разделы 2.2, 3, 3.2), Д.В. Макаров (раздел 2.2.3), В.А. Маслобоев (введение, 3.1, заключение), Л.А. Рябова (разделы 2.2.4, 3, 3.3, заключение).

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ-Арктика, проект № 18-05-60142 «Зоны интенсивного природопользования в российской Арктике в условиях изменения климата: природные и социальные процессы в долгосрочной перспективе»

Фото на обложке: Вечерние Апатиты.

Автор – И.В.Лунев (<https://pilothub.ru/folio/6165-vechernie-apatity>)

Научное издание

Технический редактор В. Ю. Жиганов

Подписано к печати 13.03.2019. Формат 70×108 1/16.

Усл. печ. л. 4.55. Тираж 300 экз. Заказ № 12. Издательство ФГБУН ФИЦ КНЦ РАН.

184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14. www.naukaprint.ru

ISBN 978-5-91137-394-8

© Коллектив авторов, 2019

© ИППЭС КНЦ РАН, 2019

© ИЭП КНЦ РАН, 2019

© ФИЦ «Кольский научный центр
Российской академии наук», 2019



ФИЦ
КНЦ
РАН

**Federal Research Centre “Kola Science Centre
of the Russian Academy of Sciences”**



**Institute of North Industrial Ecology Problems of the Kola
Science Centre of the Russian Academy of Sciences**



**Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science
Centre of the Russian Academy of Sciences**

“DEVELOPMENT SCENARIOS FOR THE MURMANSK REGION UNDER THE CONDITIONS OF GLOBAL UNCERTAINTIES AND CLIMATE CHANGE”

**Report on the results of the interdisciplinary research workshop within
the project RFBR-Arctic 18-05-60142 “Zones of intensive nature management
in the Russian Arctic under the conditions of climate change: natural
and social processes in the long term”**

Apatity
2019

UDC 332.1:551.58(470.21)
DOI: 10.25702/KSC.978-5-91137-394-8

Development scenarios for the Murmansk region under the conditions of global uncertainties and climate change / group of author under scientific edition of Dr. Tech. Sc. V.A. Masloboev, PhD (Econ.) L.A. Riabova, and PhD (Econ.) E.M. Klyuchnikova. – Apatity: Publishing house of the Kola Science Centre of RAS, 2019. – 52 p.

The report presents the results of the interdisciplinary research workshop “Development scenarios for the Murmansk region under the conditions of global uncertainties and climate change”, organized within the project No. 18-05-60142 “Zones of intensive nature management in the Russian Arctic under the conditions of climate change: natural and social processes in the long term”, grant RFBR-Arctic.

The methodology for conducting a research seminar based on the scenario approach is described, and texts of thematic presentations made by the project participants, as well as four possible scenarios for the development of the Murmansk region for the period up to 2050, elaborated at the seminar, are included. The report may be useful for researchers, graduate students and students in various disciplines, as well as those interested in the issues of climate change in the Arctic, in particular, its possible economic, social and environmental impacts on one of the Arctic regions of Russia – the Murmansk region.

Authors: D.B. Denisov (section 2.2.2), L.V. Ivanova (sections 1, 3.4), L.G. Isaeva (section 2.1.1), E.M. Klyuchnikova (section 2.2, 3, 3.2), D.V. Makarov (section 2.2.3), V.A. Masloboev (introduction, 3.1, conclusion), L.A. Riabova (sections 2.2.4, 3, 3.3, conclusion).

The research is fulfilled with the financial support of grant RFBR-Arctic, project No. 18-05-60142 “Zones of intensive nature management in the Russian Arctic under the conditions of climate change: natural and social processes in the long term”

Cover photo: Evening Apatity by
I.V. Lunev (<https://pilothub.ru/folio/6165-vechernie-apatity>)

ISBN 978-5-91137-394-8

© Group of authours, 2019
© INEP KSC RAS, 2019
© IES KSC RAS, 2019
© Federal Research Centre “Kola Science Centre
of the Russian Academy of Sciences”, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СЕМИНАРА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЦЕНАРНОГО ПОДХОДА	13
2. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕССИЯ I: ПОИСК ДВИЖУЩИХ СИЛ БУДУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ	17
2.1. Тематические доклады	17
2.1.1. Влияние климата на арктические экосистемы	17
2.2.2. Последствия изменения климата для внутренних водоемов Арктики	20
2.2.3. О влиянии климата на процессы в горной промышленности	23
2.2.4. Социальные последствия изменения климата в Арктике	25
2.2. Работа в группах и результаты исследовательской сессии I	28
3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕССИЯ II: СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	33
3.1. «По накатанной колее»	34
3.2. «Возвращение к старым порядкам»	36
3.3. «В гармонии с природой Арктики»	39
3.4. «Зависимость от внешних сил»	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	43
ЛИТЕРАТУРА	47
ПРИЛОЖЕНИЕ	51

CONTENTS

INTRODUCTION	8
1. THE RESEARCH SEMINAR METHODOLOGY BASED ON THE SCENARIO APPROACH	13
2. RESEARCH SESSION I: SEARCH FOR DRIVING FORCES OF FUTURE CHANGES	17
2.1. Thematic presentations	17
2.1.1. Influence of climate change on the Arctic ecosystems	17
2.2.2. Consequences of climate change for inland waters of the Arctic	20
2.2.3. On influence of climate change on processes in the mining industry	23
2.2.4. Social impacts of climate change in the Arctic	25
2.2. Work in groups and results of the research session I	
3. RESEARCH SESSION II: DEVELOPMENT SCENARIOS FOR THE MURMANSK REGION	28
3.1. “On the same track”	33
3.2. “Return to the old order”	34
3.3. “In the harmony with the Arctic nature”	36
3.4. “Dependency on outside forces”	39
CONCLUSION	40
REFERENCES	43
APPENDIX	47
	51

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ СЕМИНАРА

Председатель исследовательского семинара:

Маслобоев В.А., д.т.н. ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

Члены Оргкомитета:

Рябова Л.А., к.э.н. Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина
КНЦ РАН, г. Апатиты

Иванова Л.В., к.э.н. Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина
КНЦ РАН, г. Апатиты

Ключникова Е.М., к.э.н. Институт проблем промышленной экологии Севера
КНЦ РАН, г. Апатиты

Боровичев Е.А., к.б.н. Институт проблем промышленной экологии Севера
КНЦ РАН, г. Апатиты

Исаева Л.Г., к.с.-х.н. Институт проблем промышленной экологии Севера
КНЦ РАН, г. Апатиты

ВВЕДЕНИЕ

Маслобоев В.А., д.т.н., зам. председателя по научной работе Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ РАН), научный руководитель Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

Данная работа представляет собой отчет о результатах проведения междисциплинарного исследовательского семинара «Сценарии развития Мурманской области в условиях глобальных неопределенностей и изменений климата», организованного в рамках выполнения проекта № 18-05-60142 «Зоны интенсивного природопользования в российской Арктике в условиях изменения климата: природные и социальные процессы в долгосрочной перспективе» по гранту РФФИ-Арктика.

Стратегические задачи освоения ресурсов российской Арктики диктуют необходимость проведения политики, учитывающей последствия изменения природной среды в этом макро регионе. В связи с этим возрастает актуальность оценки последствий естественных и антропогенных воздействий, в том числе изменений климата, на природную среду и социально-экономические процессы в зонах интенсивного природопользования в Арктике – регионах и населенных пунктах, где идет активная промышленная ресурсодобывающая деятельность.

Важность исследования определяется, с одной стороны, необходимостью поиска новых методов комплексной оценки природных и антропогенных воздействий, включая изменения климата, в зонах интенсивного природопользования в российской Арктике, а с другой – высокой практической актуальностью разработки научных рекомендаций по формированию предупреждающих мер и стратегий адаптации к изменениям климата в арктических промышленных городах.

Цель проекта – комплексная междисциплинарная оценка природного и антропогенного воздействия на природную среду в условиях изменения климата и социальные процессы в зонах интенсивного природопользования в российской Арктике и обоснование научных рекомендаций по разработке превентивных мер и стратегий адаптации к изменениям климата в арктических промышленных городах.

Отличительной чертой проекта, определяющей его научную новизну, является междисциплинарность. Предполагается его реализация на стыке биологии, экологии, региональной экономики, североведения и арктиковедения.

Задачи проекта состоят в том, чтобы 1) исследовать влияние природных и антропогенных факторов в условиях изменения климата в Арктике на природную среду, в том числе выявить наблюдаемые и ожидаемые последствия для окружающей среды и биоразнообразия в зонах интенсивного природопользования, включая изменения в наземных и водных экосистемах; 2) провести оценку степени влияния изменения климата в Арктике на процессы,

происходящие в горнорудной и горно-металлургической промышленности, техногенных месторождениях, отвалах и хвостохранилищах; 3) оценить социальные последствия климатических изменений и выявить практики адаптации к изменениям климата в зонах интенсивного природопользования в Арктике (изучение адаптационных стратегий населения, промышленных предприятий, органов государственной власти регионального уровня и органов местного самоуправления методом кейс-стади в промышленных городах Мурманской области, создание сценариев развития области с привлечением знаний местных экспертов); и 4) подготовить научно-практические рекомендации по разработке адаптационных и превентивных стратегий в промышленных городах российской Арктики к социальным последствиям изменения климата.

В качестве кейса выбрана Мурманская область – одна из зон наиболее интенсивного природопользования в Арктике, один из самых индустриально развитых и урбанизированных районов российской Арктики. По сравнению с Гренландией, приполярными областями Канады и Аляски и даже Фенноскандии территория региона характеризуется значительно более высокой плотностью населения со всеми вытекающими последствиями с точки зрения антропогенной нагрузки.

В фокусе исследования находятся процессы, идущие в наземных экосистемах и отходах горно-металлургического комплекса в районах воздействия крупных предприятий – АО «Кольская горно-металлургическая компания», АО «Апатит» и др., а также социально-экономические процессы в моногородах области в их взаимосвязи с текущими и ожидаемыми изменениями климата.

Хозяйственное освоение любого региона, особенно арктического, неминуемо оказывает многообразное воздействие на природу. Трансформация экосистем в процессе строительства и функционирования крупных городов Мурманской области (Мончегорск, Кировск, Апатиты, Кандалякша и др.) и поселений (пгт. Никель, Печенга), формирует локальные условия обитания, которые сильно отличаются от окружающих экосистем. В условиях активной антропогенной деятельности, связанной с освоением природных ресурсов, и изменений климата вопрос устойчивости наземных и водных экосистем и их способности к восстановлению после нарушений различного характера и масштаба приобретает для Мурманской области особую актуальность.

Основу промышленности области составляет горнопромышленный комплекс, включающий добычу и переработку минерального сырья. Одним из крупнейших источников выбросов в атмосферу подкисляющих веществ и соединений тяжелых металлов являются комбинаты АО «Кольская горно-металлургическая компания». Критические уровни содержания тяжелых металлов в районе воздействия комбинатов превышены на значительной территории. В регионе ежегодно складывается более 150 млн т горнопромышленных отходов – забалансовых руд, породных отвалов, хвостов обогащения и шлаков, общий объем которых к настоящему времени достиг около

8 млрд т. Поддержание отвалов вскрышных пород и шлаков, хвосто- и шламохранилищ требует значительных капитальных и материальных затрат, на длительное время выводятся из хозяйственного оборота значительные площади земель. Пыление отвалов и хвостохранилищ, попадание реагентов и тяжелых металлов в природные поверхностные и подземные воды отрицательно влияют на сложившиеся экосистемы и здоровье человека, особенно в районах с экстремальными климатическими условиями.

В связи с интенсивным развитием отраслей промышленности, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, обостряется проблема сохранения лесов. Особенно актуальна она для регионов Крайнего Севера, где в силу своих биологических особенностей леса и их компоненты отличаются повышенной уязвимостью при антропогенном воздействии и климатических изменениях. Негативные последствия воздействия на лесные экосистемы прослеживаются на десятки километров от источника выбросов.

Для разработки общих концепций реагирования экосистем на негативные антропогенные воздействия, а также для выбора технологий по их предотвращению, сохранению и восстановлению важен сравнительный анализ структурно-функциональной организации в природных и нарушенных экосистемах. С этих позиций Мурманская область является естественным модельным полигоном, поскольку почти вся ее территория находится за Полярным кругом, и биота северных территорий является наиболее чутким индикатором глобальных и/или региональных изменений климата и в большей степени подвержена деградации при промышленном освоении. Значительные площади нарушенных и полностью разрушенных экосистем вокруг промышленных центров обуславливают необходимость поиска путей направленного регулирования природных и социальных процессов, позволяющих поддерживать жизнеспособность природных экосистем и предотвращать их деградацию.

В части оценки воздействия антропогенных и климатических изменений на природную среду проект направлен на решение фундаментальной экологической проблемы изучения закономерностей функционирования и трансформации экосистем на северном пределе распространения в условиях комбинированного действия природных и техногенных факторов. Решение задачи предусматривает на основании полевых исследований и многолетних оригинальных данных по составу различных компонентов наземных экосистем изучить видовое и структурное разнообразие их фитоценозов, процессы поступления элементов в экосистемы с атмосферными выпадениями, миграции и аккумуляции элементов в почвах, поглощения элементов дикорастущими растениями и лишайниками, выявление взаимосвязей химического состава растений и процессов почвообразования.

Проектом предусматривается на основании полевых исследований и многолетних оригинальных данных по составу различных компонентов наземных экосистем выявить закономерности функционирования и трансформации

экосистем на северном пределе распространения. Решение задачи подразумевает: комплексную характеристику наземных экосистем на основе оценки видового и структурного разнообразия их фито- и зооценозов, исследования процессов поступления элементов в экосистемы с атмосферными выпадениями, миграции и аккумуляции элементов в почвах, поглощения элементов дикорастущими растениями и лишайниками, выявление взаимосвязей химического состава растений и процессов почвообразования. Комплексные исследования наземных и водных экосистем под воздействием природных (в т.ч. климатических изменений) и техногенных факторов позволят оценить современное состояние, устойчивость экосистем, их способность к восстановлению и прогнозировать дальнейшие изменения природных и техногенно нарушенных сообществ.

При оценке воздействия антропогенных и климатических изменений на процессы, происходящие в горнорудной и горно-металлургической промышленности Арктики, фундаментальной научной задачей является обеспечение экологической безопасности, снижение техногенной нагрузки на природную среду за счет повышения комплексности и полноты извлечения полезных компонентов, уменьшения отходов производства; вовлечения в эксплуатацию техногенных месторождений и сокращения складированных отходов; уменьшения объемов сточных вод, сбрасываемых в природные водоемы; восстановления техногенно-нарушенных объектов природной среды. Последствия изменения климата для предприятий горнопромышленного комплекса в зонах интенсивного природопользования АЗРФ необходимо прогнозировать и учитывать в следующих аспектах:

- развитие гипергенных процессов, протекающих в отходах горнодобывающей промышленности и приводящих к миграции в окружающую среду токсичных элементов и тяжелых металлов, флотационных реагентов, генерирующих кислые стоки;

- пыление хвостовых отвалов и связанное с этими процессами загрязнение атмосферы, водоемов и почв;

- технологические свойства потенциально извлекаемых минералов из отходов горнопромышленного комплекса как техногенных месторождений и возможности интенсификации гидрометаллургических геотехнологий для переработки некондиционного сырья природного и техногенного генезиса.

В части оценки воздействия антропогенных и климатических изменений на социальные, в том числе, экономические процессы фундаментальной научной задачей является оценка и прогноз социально-экономических последствий в зонах интенсивного природопользования в российской Арктике, в особенности, в арктических промышленных городах, разработка стратегий адаптации к изменениям климата в российской части Арктики, реализуемых со стороны населения, промышленных предприятий, органов государственной власти регионального уровня и органов местного самоуправления, разработка сценариев социально-экономического развития Мурманской области в условиях

меняющегося климата с учетом глобальных трендов развития социально-экономических процессов на арктических территориях.

Одним из важнейших ожидаемых результатов проекта будет разработка пакета рекомендаций по планированию превентивных мер и формированию адаптационных стратегий к меняющимся природным условиям, в том числе климатическим, в зонах интенсивного природопользования в российской Арктике, в том числе в Мурманской области.

При выполнении проекта применяется метод сценарного прогнозирования регионального развития в рамках глобальных трендов изменения климата. К разработке сценариев привлекаются ученые, региональные эксперты, специалисты из разных областей знаний. Созданные сценарии будут использованы при разработке рекомендаций по превентивным мерам и стратегиям адаптации к изменениям климата в арктических регионах России и, в том числе, в Мурманской области.

Междисциплинарный исследовательский семинар, результаты которого освещаются в данном отчете, проводился 12 декабря 2018 г. в Кольском научном центре Российской академии наук, г. Апатиты. Задачей семинара явилось создание сценариев развития Мурманской области как одного из регионов российской Арктики на период до 2050 года. В ходе семинара, опираясь на исследовательский опыт и научные знания участников, мы попытались определить основные движущие силы будущих изменений и описать видение будущего этого региона. Другой важной задачей явилось расширение опыта междисциплинарного взаимодействия ученых из различных областей науки на площадке Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук».

Исследовательский коллектив проекта и оргкомитет семинара благодарит всех его участников за активную и плодотворную работу.

1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СЕМИНАРА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЦЕНАРНОГО ПОДХОДА

Иванова Л.В., к.э.н., с.н.с., и.о. зав. отделом экономики природопользования на Европейском Севере, Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН

В настоящее время устойчивое развитие стало всеобъемлющей политической задачей, которая приобретает все большее значение в глобальных, национальных и местных процессах принятия решений. Его основная предпосылка – стремление к развитию, отвечающему потребностям настоящего, без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

В последние годы все больше внимания стало уделяться вопросам устойчивого развития в будущем, особенно, с учетом изменения климата. Кроме того, глобализация ускорила темпы и расширила географический охват того, что может повлиять на будущее какой-либо конкретной местности, независимо от ее удаленности. Таким образом, прогнозирование будущего предполагает анализ быстро меняющегося мира, в котором местное и глобальное тесно взаимосвязано.

Учитывая существующую базу знаний и то, что социально-экономические системы обладают определенной инерцией, некоторые из изменений, которые, вероятно, произойдут на протяжении жизни одного или двух следующих поколений, достаточно предсказуемы.

С ростом населения в глобальном масштабе будет расти спрос на продовольствие, воду и энергию. Различные группы экспертов определили ряд мегатрендов (глобальных контекстных сценариев), которые будут определять будущее, как в глобальном масштабе, так и в Арктическом регионе, вследствие изменения экономических условий в развивающемся мире (Nilsson et al., 2015).

В условиях глобализации развитие, которое начинается с изменения физической среды, влияет на то, как различные субъекты рассматривают Арктику. Иногда небольшие изменения в идеях, технологии или поведении могут взаимодействовать и изменять как физические, так и социальные характеристики региона. Поэтому, при сценарном прогнозировании будущего необходимо быть готовым к маловероятным на первый взгляд событиям и процессам.

При такой сложности и вытекающей из нее неопределенности, возникает вопрос о том, как планировать устойчивое развитие? Один из способов решения этой проблемы заключается в том, чтобы больше сосредоточиться на процессе непрерывной оценки, а не на попытках предсказать воздействие каждой движущей силы (происходящих изменений) в определенный момент времени. Этот способ требует учета различных знаний по целому ряду вопросов, более тесного взаимодействия между производителями и пользователями знаний для адаптации к жизни в условиях изменений и неопределенности (Bjørkan et al., 2017).

Это особенно актуально в отношении будущего арктических регионов. Исторически сложилось так, что будущее большинства районов Арктики определялось политиками, учеными, представителями крупного бизнеса без учета мнения местного населения. Только недавно местные жители стали легитимными участниками процесса определения будущего Арктики. Далее традиционные знания местного населения стали учитываться в законотворчестве и в научных исследованиях. Внешние силы, тем не менее, продолжают доминировать в дискуссиях о будущем Арктики, которая, чаще всего, воспринимается как единый регион, т.е. речь идет о глобальных тенденциях, без учета множества различных локальных особенностей.

Учитывая меняющийся глобальный контекст и цель достижения устойчивого развития как на местном, так и на глобальном уровне, необходимо создавать пространство для диалога между местными заинтересованными сторонами и экспертами в сфере глобальных факторов, которые могут повлиять на Арктику. Существует также потребность в организации взаимодействия носителей различных типов знаний, будь то научные знания экспертов, опыт местного и регионального правительства или идеи практиков из разных слоев общества. Только в этом взаимодействии можно учиться друг у друга и надеяться на получение всеобъемлющей картины как предстоящих задач, так и эффективных способов их решения (Ключникова и др., 2017).

Один из способов создать такую платформу – подумать о будущем вместе в формате исследовательского семинара и разработать описания (возможные сценарии) будущего развития, которые, в частности, могут быть использованы при формировании политики.

Сценарии как средство понимания будущих проблем

Методы построения сценариев часто используются в ситуациях, когда необходимо принимать решения на долгосрочную перспективу в условиях высокого уровня неопределенности. В настоящее время разработка сценариев используется в самых разных контекстах: при принятии политических решений, бизнес-планировании, управлении местными сообществами, решении экологических проблем.

Сценарии бывают различными по форме и могут быть по-разному организованы по отношению к основным вопросам, будущее развитие которых представляет интерес. Предиктивные сценарии направлены на то, чтобы ответить на вопрос «Что будет?», в исследовательских сценариях основной вопрос «Что может случиться?», а в нормативных сценариях спрашивают: «Как достичь конкретной цели?».

Наша задача – сосредоточиться на исследовательских сценариях, т.е. на правдоподобных и, часто, упрощенных описаниях того, как будущее может развиваться на основе согласованного набора предположений о ключевых движущих силах и взаимоотношениях между различными сторонами. Такие

сценарии, как правило, создаются для изучения возможных альтернативных путей развития, что особенно полезно, когда необходимо оценивать полезность действий или решений в условиях неопределенности.

В отношении изменения климата, до недавнего времени, разработка сценариев, в основном, проводилась экспертами, которые ориентировались на глобальное развитие. Однако с учетом сложности рассматриваемых вопросов при разработке исследовательских сценариев необходимо использовать опыт и знания местных и региональных участников. На этом основана методология проведения интерактивных семинаров. В ходе семинара в рамках уже разработанных сценариев глобального развития в условиях изменения климата создаются описания возможных вариантов будущего развития на местном уровне на перспективу 30-50 лет (период жизни одного-двух поколений).

Ценность таких семинаров, по сравнению с интервью и опросами, состоит в том, что они основаны на взаимодействии между участниками, что способствует формированию новых идей. Информация, полученная на семинарах, может быть дополнена проведением интервью и распространением опросного листа.

Проведение исследовательского семинара

Продолжительность семинара: 1-1.5 дня. Участники семинара: ученые, представители местных органов власти, крупных предприятий, малого и среднего бизнеса, образовательных учреждений, экологические НКО, местные жители. Оптимальная численность участников семинара 30-35 человек.

Приглашение на семинар осуществляется через СМИ, Интернет-ресурсы, официальные письма, телефонные звонки, личные контакты.

Семинар начинается с приветствия и краткого ознакомления участников с контекстом семинара, в котором их вниманию предлагается фокусный вопрос для обсуждения, сформулированный группой ученых-организаторов, перед началом семинара, например, «Какие будущие изменения могут иметь экономические, экологические и социальные последствия для Мурманской области в перспективе одного-двух поколений?».

Затем следуют доклады ученых с целью получения участниками семинара более полного представления о различных аспектах рассматриваемой проблемы.

После заслушивания докладов начинается совместная работа участников семинара.

Первая ее часть проводится в рамках общей темы «Движущие силы изменений в Мурманской области и их последствия», которую можно разбить на три этапа.

1 этап «Идентификация и кластеризация движущих сил (драйверов)».

На этом этапе каждому участнику семинара выдается по четыре стикера и предлагается на двух из них написать по одной движущей силе (будущему изменению), которые могут иметь экономические, экологические и социальные последствия для Мурманской области в ближайшие 30-50 лет. Затем на стене или

специально подготовленных стендах участники семинара поочередно размещают стикеры со своими идеями на стене, кратко их комментируя. В процессе размещения стикеров происходит их группировка следующим образом. После того, как первый участник разместил свои идеи, последующие участники, при совпадении или схожести идей, наклеивают свои стикеры рядом, а если подобных идей нет, то размещают свои идеи отдельно. После того как все участники высказались, им предоставляется возможность добавить новые идеи, записав их на оставшихся у каждого стикерах. В итоге размещенные на стене стикеры с идеями объединяются в кластеры движущих сил. Каждому кластеру присваивается порядковый номер и, в ходе совместного обсуждения, дается обобщенное название.

II этап «Голосование за кластеры».

Голосование проводится по двум критериям «важность» и «неопределенность».

По результатам голосования кластеры ранжируются в зависимости от количества голосов.

III этап «Отбор кластеров».

Задача этого этапа – выбрать кластеры для дальнейшей работы в группах. Отбор проводится на основании показателей ранжирования. Основным критерием отбора являлась важность, даже в случае, если по результатам голосования, кластер получил высокий показатель неопределенности. Кластеры, получившие низкие оценки их важности, из дальнейшего рассмотрения исключаются.

Вторая часть совместной работы участников семинара состоит в работе в группах с целью выработки описаний (локальных сценариев) развития области на основе имеющихся глобальных сценариев, разработанных для лучшего понимания проблем адаптации к изменению климата и смягчения их последствий. Для выполнения этой части работы участники семинара делятся на группы. Разделение осуществляется таким образом, чтобы в каждой группе присутствовали представители различных структур (власти, бизнеса, научных и образовательных организаций и т.п.). Для каждой группы назначается модератор из числа ученых-участников семинара. Каждой группе предлагается на основе одного из предложенных глобальных сценариев и выбранных в процессе голосования кластеров провести обсуждение и создать описание возможных экономических, социальных и экологических аспектов будущего развития региона. По окончании работы в группах модераторы на общем заседании участников семинара докладывают о проведенной работе и ее результатах.

После проведения семинара каждый модератор готовит проект выработанного в группе описания и рассылает всем участникам группы для замечаний и комментариев. С учетом полученных откликов формируется окончательный вариант описания возможного будущего развития региона.

2. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕССИЯ I: ПОИСК ДВИЖУЩИХ СИЛ БУДУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ

2.1. Тематические доклады

2.1.1. Влияние климата на арктические экосистемы

***Исаева Л.Г., к.с.-х.н., доцент, зав. лабораторией наземных экосистем,
Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН***

Климатические изменения и влияние их на экосистемы – одна из основных тем научно-практических дискуссий в современном мире. Глобальное изменение климата проявляется наиболее выраженными эффектами в Арктике, где они очевидны раньше, чем в других частях планеты (ACIA, Impacts of Warming Arctic..., 2004).

Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) установлены следующие основные изменения климатической системы: увеличение концентраций парниковых газов; потепление атмосферы и океана; изменение суммы осадков; сокращение запасов снега и льда; повышение уровня океана; увеличение частоты и/или изменение параметров некоторых экстремальных климатических явлений (Семенов, Гладильщиков, 2014).

Современные климатически обусловленные изменения наиболее ярко проявляются в наземных экосистемах. Дадим краткий обзор отмеченных климатических изменений в наземных экосистемах Баренцева Евро-Арктического региона.

На территории Баренцева региона возможными последствиями глобальных климатических процессов является распространение на север несвойственных для этих широт насекомых, в том числе вредителей и переносчиков ассоциированных с ними возбудителей заболеваний. В последние годы целый ряд мигрирующих видов чешуекрылых выявлен на севере Югорского полуострова – в типичных тундрах (поселок Амдерма) и арктических тундрах островов Вайгач и Колгуев (Болотов, 2011; Болотов и др., 2013; Власова и др., 2014). Результаты многолетнего эколого-эпидемиологического мониторинга на территории европейской субарктики в пределах северной границы обитания таежного клеща (*Ixodes persulcatus*) – переносчика возбудителя клещевого энцефалита показали, что в Архангельской области зарегистрирован значительный подъем заболеваемости (почти в 60 раз) в период 2000-2009 гг. по сравнению с 1980-1989 гг. Распространение клещей на север определило повышение среднегодовых температур (Сидоров и др., 2012).

Выявлено также влияние климатических изменений на растительный покров островов Баренцева моря. Для растительных сообществ островов Вайгач и Колгуев установлено повышение максимальных значений вегетационного индекса NDVI за последние два с половиной десятилетия на 30 и 15 процентов

соответственно. Возрастание зеленой фитомассы тесно коррелирует с ростом средних летних температур, удлинением периода вегетации (в начале и в конце) и количеством накопленного за этот период тепла (Лавриненко, Лавриненко, 2013).

Ключевым фактором, определяющим состояние экосистем Мурманской области, является антропогенное загрязнение. Изменение климата в данном регионе проявляется дополнительным стрессом в условиях сложной экологической обстановки. Анализ региональных исследований позволяет нам выявить и предположить некоторые, в основном негативные, результаты влияния изменений климата на экосистемы.

В Мурманской области современные климатические изменения наиболее ярко проявляются на северном пределе распространения леса. Наблюдается подъем по склонам гор древесной и кустарниковой растительности в экотоне лес-лесотундра-тундра; возрастает активность возбудителей болезней леса; на состоянии лесов негативно сказываются сильные ветры, вызывающие массовый ветровал и бурелом, обильное выпадение мокрого снега, в результате которого возникают снеголом и обледенение деревьев и кустарников; происходят изменения в сроках фенологических фаз. Ниже перечислены уже отмеченные факты отклика природы на климатические изменения в регионе.

Выполнены дендрохронологические исследования сосны обыкновенной, произрастающей в разных частях на склонах Хибинских гор (Кольский полуостров), и реконструкция летней температуры за последние 400 лет. Температурная реконструкция и солнечное излучение указывают, что солнечная деятельность – важный фактор столетия к мультипроисходящим каждые десять лет тенденциям в летних температурах Кольского полуострова (Koponov et al., 2009). Метеорологические и гляциологические наблюдения, а также ландшафтные исследования, указывают на очевидные изменения климатических условий в Хибинах во второй половине прошлого века (Демин, Зюзин, 2009). Однако нет неоспоримых причин, чтобы заключить, что этот процесс имеет необратимый характер.

В типичных для Скандинавии и Финляндии берёзовых лесах периодически наблюдались вспышки численности личинок пяденицы осенней *Epirrita autumnata* (Haukioja et al., 1988; Hogstad 1997; Enemar et al., 1984; Tenov, 1972, 2007). В Северной Норвегии гусеницами этого вида бабочки только в последнее десятилетие стал давать массовые вспышки численности с обширными повреждениями лесов, в условиях изменения климата в регионе появились два новых вида бабочек – пяденица зимняя *Operopthera brumata* и пяденица-обдирало оранжевая *Agriopis aurantiaria* (Jepsen et al., 2008). Последний вид расселился на значительной территории вдоль побережья Северной Норвегии. В Мурманской области впервые отмечено повреждение березы пяденицей осенней в 1962-1965 гг. (Семенов-Тян-Шанский, 1970), а в 2018 г. – на территории полуостровов Средний и Рыбачий на севере Мурманской области.

На температурные изменения откликается ход фенологических процессов в природе региона. Эти изменения начали фиксироваться последние 20 или чуть более лет, хотя в конце 20 века такая динамика не прослеживалась (Kozlov, Berlina, 2002). Например, получены результаты при анализе фенологических процессов у березы (*Betula czerepanovii* Orlova) с 1994 по 2015 гг. Отмечено, что даты наступления 11 фенологических фаз из 15 наблюдаемых у березы сместились на более ранние сроки (Берлина, Зануздаева, 2016). За последние 5 лет увеличилась частота встречаемости гадюки обыкновенной – *Vipera berus* Linnaeus, 1758 (по материалам книг «Летопись природы» Лапландского государственного природного биосферного заповедника).

С 2000-х годов в Мурманской области увеличилась активность ржавчинных грибов, возбудителей болезней древесно-кустарниковых пород. Массовый характер распространения болезни «ржавчина листьев березы», вызванный *Melampsorium betulinum*, зафиксирован в 2007, 2010, 2016, 2018 гг.; «ржавчина хвой ели» (возбудители *Chrysomyxa abietis* и *Chrysomyxa ledi* в 1998, 2007, 2010, 2017 гг. (Исаева, 2018)). Последние 8-10 лет болезнь антракноз, вызванная грибом *Gloeosporium aiscupariae*, поражающий рябину Городкова в зеленых насаждениях городов Мурманской области, приобрела массовое распространение.

На древесных интродуцентах зеленых насаждений города Апатиты было выявлено 18 видов дереворазрушающих грибов, из них три стали новыми для Мурманской области – *Ceriporia reticulata*, *Corticium roseum*, *Peniophora limitata*. Ряд видов грибов в Мурманской области известны только на урбанизированных территориях – *Antodiella leucoxantha*, *Hericium cirrhatum*, *Sistotrema confluens*, *Xanthoporus syringae*, *Ganoderma applanatum*, *Verpa bohemica* (Исаева и др., 2018).

Последствия деятельности человека не ограничиваются загрязнением и деградацией экосистем в зоне воздействия металлургических предприятий. Появляются трансформированные ландшафты с нарушенным или полностью уничтоженным растительным покровом являющиеся средой обитания человека. Своеобразной защитной реакцией биоты служит процесс синантропизации, т.е. изменение состава и структуры естественной растительности под влиянием антропогенных факторов. Данный процесс проявляется во внедрении в аборигенную флору чужеродных (адвентивных) видов и расширении распространения местных видов – апофитов, для которых новые условия среды оказались благоприятными. В частности, интродуцированные растения из озеленительного ассортимента хорошо осваиваются в условиях городов, участвуя в адаптации человека к суровым условиям Заполярья.

Ряд видов обогатили флору Мурманской области, «сбежав» из питомников Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, поселившись на сорных и полусорных местах обитания в городах Апатиты и Кировск. Это чесночница – *Alliaria petiolata*, колокольчик бородатый – *Campanula barbata*, мытник мясо-красный – *Pedicularis incarnata* и др.

Некоторые культурные виды, случайно оказавшиеся вне опеки человека, также явились «новинками» для флоры Мурманской области: дикая морковь –

Daucus carota, ячмень гривастый – *Hordeum jubatum*, гвоздика полевая – *Dianthus campestris*, перец стручковый – *Capsicum annuum*, кориандр посевной – *Coriandrum sativum*, фасоль обыкновенная – *Phaseolus vulgaris*. Всего за последние пять лет выявлено не менее 35 новых адвентивных видов, ранее неизвестных во флоре сосудистых растений региона (Исаева и др., 2018).

Большая часть заносных видов не обладает агрессивностью и не представляют опасности для человека (за исключением борщевика Сосновского – *Heracleum sosnowskyi* и амброзии полынолистной – *Ambrosia artemisiifolia*) и естественных ценозов. Регулярные наблюдения за составом синантропной флоры позволяют не только контролировать степень нарушенности растительного покрова, появление карантинных сорняков и опасных для человека видов и принимать превентивные меры борьбы с ними, но и отслеживать влияние изменения климата.

Таким образом, интенсивность климатических изменений в Арктике, включая Мурманскую область, влияет на существование, изменение численности и разнообразия многих биологических видов. Считать это результатом изменения климата или влиянием антропогенного фактора покажут время и дальнейшие детальные исследования.

2.2.2. Последствия изменения климата для внутренних водоемов Арктики

***Денисов Д.Б., к.б.н., с.н.с., зав. лабораторией водных экосистем,
Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН***

В настоящее время факт потепления климата Арктики уже не вызывает сомнений (Демин и др., 2015; 2017; Бардин и др., 2015; Груза, Ранькова, 2012). Высокий научный интерес вызывает изучение влияния климатических изменений на состояние и развитие экосистем различного уровня.

Наиболее чувствительны к климатическим изменениям внутренние водоемы Арктики, для которых температура и период открытой воды являются лимитирующими факторами, определяющими биогеохимические процессы. При этом, наряду с изменениями климатических условий, деятельность человека выступает в качестве мощного трансформирующего фактора. Наибольшее трансформирующее действие оказывают эвтрофирование и загрязнение вод (рис. 1). В результате глобальных переносов воздушными массами в арктических регионах происходит масштабное выпадение загрязняющих веществ, источники которых находятся в более южных регионах. Антропогенное загрязнение способно модифицировать и действие природных факторов, таких как УФ-излучение, температурный режим и др. Сложность синергетики этого комплекса факторов делает прогнозирование возможных изменений водных экосистем Арктики чрезвычайно сложной задачей. Так, снижение техногенной нагрузки, начиная с 1990-х годов, привело к некоторому снижению токсичности среды, что наряду с потеплением климата стало фактором усиления процессов эвтрофирования вод.



Рисунок 1. Схема причин и последствий изменений водных ресурсов в Арктике

Исследования пресноводных экосистем Евро-Арктического региона за последние десятилетия показали: происходят значимые перестройки в их структурно-функциональной организации, проявляющиеся в изменениях продукционного потенциала гидробионтов, радикальных изменениях в структуре сообществ, явлениях массового развития некоторых видов гидробионтов, инвазиях новых видов и расширении ареала аборигенных.

Видовой состав и структура гидробионтов претерпели существенные изменения за последние десятилетия, что проявляется в смене доминирующих по численности и биомассе таксонов, радикальных трансформациях структуры сообществ. Отмечены существенные изменения в пресноводных экосистемах Евро-Арктического региона, проявляющиеся в экстремально высоких значениях количественных показателей вследствие массового развития отдельных видов (диатомовых, динофитовых и цианопрокариот), что характерно как для антропогенно-трансформированных, так и для естественных местообитаний.

В арктических водоемах появились нетипичные гидробионты, характерные для более низких широт, которые занимают экологические ниши с приемлемыми для их развития условиями, а также наблюдается активное расширение ареала аборигенных видов. Наибольшую опасность представляет массовое развитие цианопрокариот, особенно в водоемах питьевого назначения (рис. 2), а также явление «Didymo», деформирующее условия обитания в арктических реках, разрушающее нерестилища лососевых рек.



Рисунок 2. Схема причин массового развития цианопрокариот в арктических озерах и его последствия

Повсеместно отмечается снижение доли ценных промысловых видов рыб на фоне увеличения малоценных короткоцикловых представителей ихтиофауны (рис. 3).

Зона влияния подогретых вод Кольской АЭС представляет собой уникальный модельный объект отклика арктических водных экосистем на потепление климата; отмечена роль видов-вселенцев и высшей водной растительности в трансформации циклов биогенных элементов и отмечена общая стабилизация экосистемы на новом уровне, соответствующем тепловодным условиям.

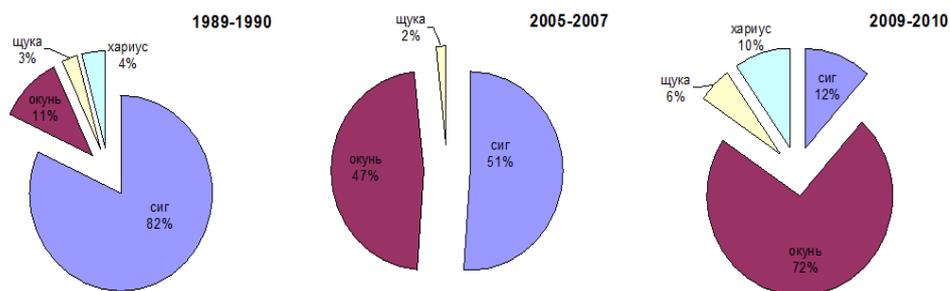


Рисунок 3. Снижение доли сига в уловах фоновых водоемов Мурманской области

Совместное действие климатических изменений и загрязнения окружающей среды снижают устойчивость водных экосистем, их социально-экономическую значимость. Возможны негативные изменения в важнейших для региона отраслях экономики: здравоохранении, энергетике, коммерческом рыболовстве, аквакультуре, туризме, что обусловит социальную напряженность вследствие ухудшения качества жизни.

Существующие национальные системы регулирования использования водных ресурсов не учитывают современных тенденций и не обеспечивают их сохранение. Разработка международной системы эффективного менеджмента водных ресурсов, в том числе и биологических, представляет собой новую ступень развития современных экологических исследований, что соответствует положениям Стратегии Европейской комиссии (Report..., 2019).

2.2.3. О влиянии климата на процессы в горной промышленности

*Д.В. Макаров, д.т.н., директор,
Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН*

Забалансовые сульфидные руды на отработанных и разрабатываемых месторождениях, вскрышные породы, хвосты обогатительных фабрик и шлаки цветной металлургии, с одной стороны, являются одним из крупных источников цветных металлов, с другой – объектами чрезвычайной экологической опасности. Поэтому использование отвалов, хвостов и оставшихся в недрах руд как сырьевых источников с попутным снижением нагрузки на окружающую среду является актуальной эколого-экономической задачей.

Для переработки подобного бедного и техногенного сырья перспективны методы кучного и бактериального выщелачивания (Халезов, 2013; Каравайко и др., 1989; Кондратьева и др., 2015; Watling, 2015).

Технология кучного выщелачивания состоит в следующем. На поверхность кучи (рудного штабеля) или внутрь нее подается раствор, содержащий серную кислоту, окислитель (кислород, ионы железа (III) и др.), а также микроорганизмы (например, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans* и др.). Раствор распределяется равномерно по поверхности и массе отвала посредством бассейнов, дренажных канав, сети перфорированных труб или разбрызгиванием. Выходящий из-под кучи обогащенный цветными металлами раствор собирается по канавам или трубам и направляется на дальнейшую переработку.

Зарубежная гидрометаллургическая практика свидетельствует о перспективности применения кучного выщелачивания, прежде всего, золота, меди и урана из бедных руд и отходов горного и обогатительного производств (Petersen, 2016; Mandziak, Pattinson, 2015; Qin et al., 2009).

При использовании кучного выщелачивания содержание полезных компонентов могут быть существенно ниже, чем для традиционных технологий.

Для широкого применения способа извлечения металлов методом кучного выщелачивания в нашей стране имеются все необходимые предпосылки. Определенным препятствием являются неблагоприятные климатические условия горнодобывающих регионов России. Большая часть зарубежных предприятий расположена в районах с теплым климатом, где даже в холодное время года самая низкая температура выше нуля. В этой связи ниже рассмотрены особенности организации процесса кучного выщелачивания металлов в зонах с арктическим и субарктическим климатом.

В настоящее время в мире эксплуатируется свыше 300 объектов кучного выщелачивания металлов. Около 70 проектов (примерно 25%) из этого числа работают в зонах с арктическим и субарктическим климатом с отрицательными среднегодовыми температурами (Sinha, Smith, 2015). Эти объекты находятся в Северной Европе, Азии, Северной Америке, а также в высокогорных регионах Южной Америки. Крупнейшие предприятия в Арктической зоне – золотодобывающие. Это проекты Форт Нокс (Фэрбэнкс, Аляска, США), Игл и Кофи-Голд (Юкон, Канада), а также Казино (Юкон, Канада), перерабатывающее сульфидные и окисленные медные золотосодержащие руды.

Низкие температуры и наличие многолетнемерзлого грунта осложняют и значительно удорожают работы по созданию и эксплуатации установок кучного выщелачивания. Для сбережения тепла в отрабатываемых кучах осуществляют следующие мероприятия: сооружение рудного штабеля в кюветах; применение системы капельного орошения, состоящей из напорных эмиттеров-капельниц лабиринтного типа; использование снежного покрова как естественного теплоизолирующего верхнего слоя рудного штабеля; намораживание «ледяной глазури» на поверхности рудного штабеля; укрытие кучи на холодный период теплоизолирующими материалами (полимерные ткани, полиэтиленовые пленки с подачей подогретого воздуха под покрытие, горнорудная масса слоем до 1 м); подогрев технологических растворов (Smith, 1997; Дементьев и др., 2004). Кроме этого, рекомендуется размещать площадку выщелачивания и рудный штабель с учетом максимально возможного использования солнечной энергии и наименьшего воздействия ветра, не формировать штабель на участках многолетней мерзлоты, не укладывать в штабель смерзшуюся руду. Российскими специалистами был разработан метод пассивного выщелачивания благородных металлов из минерального сырья при низких температурах (до -40 °С), не требующий движения растворителя относительно кусков руды (Дементьев и др., 2004).

Реализованные и перспективные проекты извлечения цветных металлов из сульфидных и смешанных руд методом кучного выщелачивания в северных регионах нашей страны и за рубежом:

- Удоканское месторождение медных руд (север Забайкальского края, Россия) (Халезов, 2014);
- месторождение сульфидных полиметаллических руд Талвиваара (Финляндия) (Riekkola-Vanhanen, Palmu, 2016).

На примере техногенного объекта «Отвалы Аллареченского месторождения» показана возможность оптимального сочетания магнитной сепарации и биологического выщелачивания сульфидных медно-никелевых руд, обеспечивающих рентабельную эксплуатацию и инвестиционную привлекательность техногенных образований (Селезнев, 2011; Болтыров и др., 2015).

На уровне лабораторных исследований намечены направления интенсификации процессов выщелачивания цветных металлов из некондиционных медно-никелевых руд и отходов горно-металлургического комплекса Мурманской области (Masloboev et al., 2018).

Для России медленное, но неуклонное потепление в арктических областях – общая тенденция, проявляющаяся в той или иной степени на всей территории АЗРФ (Оценочный доклад..., 2008). Повышение температур летних месяцев позволит интенсифицировать физико-химические геотехнологии переработки бедного и техногенного сырья, содержащего цветные металлы за счет увеличения продолжительности сезона биовыщелачивания и повысить экономическую эффективность процесса.

2.2.4. Социальные последствия изменения климата в Арктике

*Рябова Л.А., к.э.н., врио зам. директора по научной работе,
Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН*

Изменение климата и его последствия для общества – одна из самых актуальных тем международной научной повестки дня. В докладе Организации Объединенных Наций «Социальные аспекты изменения климата» говорится: «Обращение к проблеме изменения климата без учета ее социальных аспектов не затрагивает проблему изменения климата вообще» (The Social Dimensions of Climate Change, 2011, с. 4). Основной аргумент, почему это так, состоит в том, что именно люди находятся в центре перехода к миру глобальных сокращений выбросов и повышения устойчивости.

С точки зрения национальных стратегических приоритетов, определенных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации (2016 г.), особую значимость приобретают исследования в области понимания процессов, происходящих в обществе и природе, в том числе касающихся климата, включая междисциплинарные исследования, учитывающие актуальные международные подходы.

Большое внимание в международном научно-практическом дискурсе уделяется последствиям изменения климата в Арктике, в том числе социальным. Арктика отнесена Межправительственной группой экспертов по изменению климата к 4-м наиболее уязвимым к изменениям климата регионам планеты наряду с Африкой, мегадельтами африканских и азиатских рек, малыми островными государствами (IPCC, 2007: Climate Change 2007).

Первый этап выполнения проекта № 18-05-60142 «Зоны интенсивного природопользования в российской Арктике в условиях изменения климата: природные и социальные процессы в долгосрочной перспективе», поддержанного РФФИ в 2018 г. по конкурсу «Арктика», включал сравнительное исследование состояния изученности в России и за рубежом проблемы социальных последствий изменения климата в арктическом макрорегионе. Наша задача состояла в том, чтобы выявить пробелы в знаниях и определить наиболее актуальные в российском контексте направления дальнейших исследований.

Было изучено более 80 зарубежных и российских научных источников – специальных докладов, статей и книг по проблемам изменения климата в Арктике. По результатам исследования опубликована статья в научном журнале (Рябова, Ключникова, 2018).

Анализ литературы показал, что социальные последствия изменения климата, как правило, изучаются с точки зрения влияния этих изменений на 3 группы потребностей:

1) базисные – потребности в воде, еде, энергии, крове, средствах передвижения, безопасности; 2) индивидуальные – здоровье, достойная работа, социальная защита, права и возможности, движимое имущество; 3) общественные – равенство и социальная интеграция, права человека, участие в общественной жизни, управление, сотрудничество и солидарность, образование.

Была выявлена существенная разница в степени изученности проблемы социальных последствий изменения климата в Арктике в зарубежной и российской науке, и сильная асимметричность в объемах внимания, направляемого в зарубежных и отечественных научных публикациях к ее основным аспектам (рисунок 1).

Исследование показало, что в российском дискурсе наблюдается существенный «перекос» в сторону изучения макроэкономических последствий изменения климата в Арктике в ущерб анализу социально-экономических последствий на местном уровне. Большое внимание уделяется теме рисков изменения климата в Арктике и управлению ими, но практически не ведутся исследования местных сведений и традиционных знаний коренных народов по адаптации к рискам, вызванным изменениями климата, не осуществляется разработка подходов к созданию адаптационных стратегий, учитывающих эти знания. В зарубежном арктическом дискурсе это направление – одно из самых активно разрабатываемых.

С точки зрения потребностей в зарубежных исследованиях изучается влияние изменения климата на все их группы – базисные, индивидуальные и общественные. В российских исследованиях изучается влияние изменений климата на две группы потребностей – базисные (фрагментарно) и индивидуальные (преимущественно исследуется влияние на здоровье). Тема влияния изменений климата на общественные потребности (такие как равенство, участие в общественной жизни, сотрудничество и др.) в отечественном обсуждении не найдена.

<p>Зарубежный дискурс</p> <ul style="list-style-type: none"> • Социальные последствия изменения климата – одна из самых обсуждаемых тем. Систематический сбор фактических данных (полевые исследования, кейсы) <p>Главные темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Изучение последствий изменения климата для коренных народов, местных сообществ и здоровья человека в Арктике • Проблемы управления климатическими рисками на уровне муниципалитетов (эрозия берегов, разрушение инфраструктуры из-за таяния вечной мерзлоты и др.) • Вопросы адаптации к изменениям климата и управления этим процессом на местном и региональном уровнях 	<p>Российский дискурс</p> <ul style="list-style-type: none"> • Тема обсуждается мало, сбор фактических данных почти не ведется, исследования кейсов единичны <p>Главные темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Изучение и прогноз климатических изменений в Арктике, их биологических и экологических эффектов в ущерб исследованию социальных последствий • Основное внимание – изучение макроэкономических и секторальных эффектов изменений климата • Климатические риски и вопросы управления ими (риски для объектов нефтегазовой промышленности и жилищно-коммунального хозяйства в зоне вечной мерзлоты)
--	---

Рисунок 4 – Асимметричность зарубежного и российского научных дискурсов по проблеме социальных последствий изменения климата в Арктике

На этой основе для ликвидации пробелов в знаниях были определены наиболее актуальные в российском арктическом контексте направления дальнейших исследований:

- сбор и анализ информации о наблюдаемых изменениях в арктических экосистемах и о том, как местные и коренные жители Арктики адаптируются к этим изменениям на основе существенного расширения исследований методом кейс-стади;
- сбор информации об изменениях в зонах интенсивного промышленного освоения в АЗРФ, на промышленных предприятиях и в моногородах;
- вопросы адаптации на местном уровне в небольших городах, моногородах и поселках; разработка сценарных прогнозов будущих изменений с привлечением местных экспертов;

- разработка реалистичных и реализуемых адаптационных стратегий с обязательным учетом местных знаний о произошедших изменениях и способах адаптации к ним.

Особенно важно получение информации об изменениях в зонах интенсивного промышленного освоения в Арктической зоне РФ, на промышленных предприятиях и в моногородах АЗРФ. Здесь климатические риски наиболее высоки и изменения климата могут иметь наиболее разрушительные последствия.

В рамках проекта «Зоны интенсивного природопользования в российской Арктике в условиях изменения климата» в конце 2018 г. были проведены полевые исследования в Мурманской области, направленные на изучение мнения жителей городов Кировск, Апатиты и Кандалакша о возможных изменениях климата и их влиянии на природные и социальные процессы на местном уровне. В настоящее время обрабатываются результаты, полученные в ходе направленных интервью. Следующий этап проекта предполагает проведение экспертных интервью с менеджерами промышленных предприятий, представителями органов власти.

Значимой частью работы по изучению социальных последствий изменения климата является проведение исследовательских семинаров по сценарному прогнозированию с привлечением местных экспертов. Сценарии помогают ответить на вопросы «куда мы движемся?», «почему именно в этом направлении нам следует двигаться?» и «какими способами мы можем достичь желаемого?», а учет мнения местных экспертов – необходимое условие разработки качественных прогнозов и планов развития, снижения рисков, специфических для данной территории.

Только знание и понимание тенденций на местном уровне, учет местных знаний о произошедших изменениях и о способах адаптации к ним, учет интересов местных сообществ позволит разрабатывать чувствительные к изменениям, реалистичные и реализуемые адаптационные стратегии на всех уровнях – от местного до национального.

2.2. Работа в группах и результаты исследовательской сессии 1

*Ключникова Е.М., к.э.н., с.н.с., зав. сектором международных связей,
Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН*

После заслушанных докладов началась совместная работа участников семинара. На I этапе каждому участнику было выдано по два зеленых стикера и предложено на них написать по одной движущей силе (будущему изменению), которые могут иметь экономические, экологические и социальные последствия для Мурманской области в ближайшие 30 лет. После этого участники поочередно размещали стикеры со своими идеями на стене, кратко их комментируя.



Фото 1. Исследовательская сессия I

В процессе размещения стикеров осуществлялась их группировка: после того, как первый участник разместил свои идеи, следующие участники, при совпадении идей, наклеивали свои стикеры рядом, а если подобных идей не было, то размещали их отдельно.

После того, как все участники высказались, им была предоставлена возможность добавить новые идеи. В итоге на стене было размещено 54 идеи, которые были объединены в 8 кластеров движущих сил. Каждому кластеру был присвоен порядковый номер и в ходе совместных обсуждений дано обобщенное название (таблица 1).

Таблица 1

Группировка движущих сил по кластерам

№	Название кластера	Движущие силы (идеи)
1	Экология и природопользование (11)	<ul style="list-style-type: none"> - начало рационального природопользования - экологические ограничения - полезные ископаемые - применение «зеленых» технологий в энергетике - глобальное потепление - истощение природных ресурсов и удорожание «неисчерпаемых» ресурсов (вода, чистый воздух, лес, девственные леса) - развитие ресурсной основы: минеральные ресурсы - истощение ресурсов - загрязнение воды - истощение месторождений Мурманской области - экологизация производства (появление новых технологий)

№	Название кластера	Движущие силы (идеи)
2	Внедрение новых, в том числе информационных, технологий (9)	<ul style="list-style-type: none"> - новые технологии - внедрение информационных технологий (цифровой мир) - беспроводная коммуникация (+альтруизм эгоизм-) - новые технологии - развитие НТП – новые ресурсы (альтернатива природным ресурсам) - развитие промышленности с использованием современных технологий - развитие цифровой экономики и IT-технологий - информационные технологии, знания и их транзит в инновации - разработка новых технологий
3	Демографические изменения (8)	<ul style="list-style-type: none"> - демография области - демографический кризис - изменение демографической ситуации - исход населения из населенных пунктов Мурманской области - сокращение численности населения - обезлюдение городов Кольского полуострова - уменьшение численности населения Мурманской области - динамика численности населения
4	Политические изменения (7)	<ul style="list-style-type: none"> - изменения во власти в РФ, приводящие к квази олигархической системе управления в стране - социально-экономические факторы - развитие институтов, переход человечества в ноосферу - внутренняя политика - политика правительства в отношении Арктики - политический строй - изменение политического строя
5	Развитие туризма (7)	<ul style="list-style-type: none"> - «озеленение» Арктики, развитие туризма - «позеленение» Арктики - популяционные процессы - развитие сети ООПТ и организованного туризма - туризм - развитие туризма - развитие туризма

№	Название кластера	Движущие силы (идеи)
6	Конкуренция на рынках сырья (5)	<ul style="list-style-type: none"> - цена на добываемые полезные ресурсы - изменения на рынке минерального сырья - динамика спроса на ископаемое сырье - экспорт ресурсов (руда, готовая продукция) - природные ресурсы
7	Геополитика (4)	<ul style="list-style-type: none"> - изменение геополитической ситуации (перedel границ и экономических зон) - развитие Северного морского пути - международная обстановка - геополитическая обстановка
8	Социальные изменения (3)	<ul style="list-style-type: none"> - уровень образования людей - повышение роли гражданского общества в сфере решения экологических проблем - социальные изменения

На втором этапе мы не проводили определение кластеров как «важных» и «неопределенных», поскольку и важность, и неопределенность кластеров хорошо просматривалась из формулировки «движущих сил», сделанной участниками семинара.



Фото 2. Исследовательская сессия I

На втором этапе мы провели работу по выявлению «диких карт» – маловероятных событий, которые в случае их наступления совершенно меняют предполагаемый сценарий развития. Всего было выявлено пять кластеров «диких карт», на основе представленных 26 идей. Подробная информация содержится в таблице 2.

В связи с тем, что вероятность наступления большинства событий, представленных в кластерах «диких карт», была определена участниками как равная нулю, альтернативные сценарии, учитывавшие «дикие карты» и меняющие предполагаемый сценарий развития, не разрабатывались. Возможные изменения климата, которые упоминались как в основных движущих силах, так и в «диких картах», были учтены в основных сценариях.

Таблица 2

Группировка «диких карт» по кластерам

№ п/п	Название кластера	Дикие карты (идеи)
1	2	3
1	Военный конфликт (9)	<ul style="list-style-type: none"> - война - третья (четвертая) мировая (глобальная) война - война - третья мировая война - третья мировая война - война - международный конфликт (война) - мировая война - нападение НАТО на Россию, военные действия
2	Политические изменения в стране (6)	<ul style="list-style-type: none"> - смена политического курса страны - смена политического строя (монархия) - смена политического режима - смена политического режима, социальная напряженность - исчезновение федеративного государства, создание нескольких государств на месте РФ - политические изменения
3	Катастрофа (5)	<ul style="list-style-type: none"> - общение с нечеловеческим разумом (земного и внеземного происхождения) - землетрясение - смена положения полюсов или геологическая катастрофа - авария на КАЭС - авария на КАЭС
4	Социально-экономические изменения (5)	<ul style="list-style-type: none"> - изоляция РФ в результате усиления санкций США и ЕС - тяжелое положение в стране, прекращение развития Арктики (городов за полярным кругом), закрытие предприятий; - изменение условий использования СМП - развитие социальной политики и реальное стимулирование приезда и постоянного проживания на Севере - кадровый голод, истощение запасов энергоресурсов
5	Изменения климата (2)	<ul style="list-style-type: none"> - изменение климата - изменение направления течения Гольфстрим

3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕССИЯ II: СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Рябова Л.А., к.э.н., врио зам. директора по научной работе,
Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН*

*Ключникова Е.М., к.э.н., с.н.с., зав. сектором международных связей,
Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН*

Вторая исследовательская сессия была посвящена работе в группах. Ее целью являлась выработка описаний (локальных сценариев) развития Мурманской области на основе имеющихся глобальных сценариев, разработанных для лучшего понимания проблем адаптации к изменению климата и смягчения их последствий в контексте уже созданных глобальных сценариев развития – Shared Socioeconomic Pathways, представленных в известной работе коллектива авторов, описывающей будущее мира в 21 веке (O'Neill, Kriegler, Ebi et al., 2015).



Фото 3. Исследовательская сессия II

Для выполнения этой части работы участники семинара разделились на 4 группы. В целях обеспечения междисциплинарного подхода разделение осуществлялось таким образом, чтобы в каждой группе присутствовали представители различных дисциплин – экологи и биологи (ученые Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН и Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина), специалисты в области региональной экономики, североведения и арктиковедения (ученые Института экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН) и эксперты в области математического моделирования из Института информатики и математического моделирования КНЦ РАН.

Для каждой группы был назначен модератор из числа участников семинара. Группам было предложено на основе одного из глобальных сценариев и выбранных в процессе голосования кластеров провести обсуждение и создать описание возможных экономических, социальных и экологических аспектов будущего развития Мурманской области.

По окончании работы в группах модераторы на общем заседании участников семинара доложили о проведенной работе и ее результатах – разработанных сценариях развития Мурманской области до 2050 г. в условиях глобальных неопределенностей.

После проведения семинара модераторы описали разработанные в ходе групповой работы 4 сценария развития Мурманской области до 2050 г.:

- сценарий 1 «По накатанной колее»;
- сценарий 2 «Возвращение к старым порядкам»;
- сценарий 3 «В гармонии с природой Арктики»;
- сценарий 4 «Зависимость от внешних сил».

3.1. Сценарий 1 «По накатанной колее»

Группа 1, модератор – д.т.н. Маслобоев В.А.

Глобальный контекст сценария: «Развитие на основе ископаемого топлива».

Характеристика глобального контекста: конкурентные рынки, инновационные и партисипаторные общества; быстрый технологический прогресс и развитие человеческого капитала как пути к устойчивому развитию; глобальные рынки все больше интегрируются; серьезные инвестиции в здравоохранение, образование и институты для наращивания человеческого и социального капитала; эксплуатация богатых ресурсов ископаемого топлива; ресурсо- и энергоемкий образ жизни; быстрый рост мировой экономики; геоинженерия; мало усилий для того, чтобы избежать потенциальных глобальных экологических воздействий; пики и падения численности населения в глобальном масштабе; рождаемость быстро падает в развивающихся странах, уровень рождаемости в странах с высоким уровнем доходов относительно высок; международная мобильность увеличивается; существенные проблемы смягчения изменений климата; незначительные проблемы адаптации.

«По накатанной колее»

Главные движущие силы этого сценария – истощение месторождений Мурманской области, экологизация производства (появление новых технологий).

Основная привлекательность сценария – «привычность»: наличие развитых социально-экономических механизмов реализации данного сценария. Он будет сопровождаться ростом экономических показателей, в первую очередь ВРП. В пользу данного сценария для Мурманской области говорит наличие больших разведанных запасов ископаемого топлива, доступность новых месторождений на шельфе с потеплением климата будет возрастать, упростится навигация по Северному морскому пути, уменьшение затрат на обеспечение нормальной жизнедеятельности (снижение затрат на отопление и т.п.).

Прогнозируется развитие сельского хозяйства, увеличение числа рабочих мест в связи с освоением новых месторождений нефти и природного газа и развитием Северного морского пути. Предполагается развитие энергоемких производств. Демографические процессы стабилизируются, и снижения населения не ожидается. Наука и профессиональное образование будут развиваться в контексте положительной экономической динамики.

Одновременно возникает беспокойство в связи с возможным истощением источников ископаемого топлива, что мотивирует поиск альтернативных источников энергии (ветер, использование энергии приливов и др.), развитие «зеленых технологий» и т.д.

В области экологической политики основной упор делается на усиление роли государственного регулирования, включая:

- ужесточение экологических требований;
- переход с «грязных» источников ископаемого топлива (уголь, нефть) на природный газ;
- поиск эффективных экономических механизмов;
- «принуждение» к инвестициям в «зеленую экономику»;
- минимизация экологических рисков, связанных с добычей и транспортировкой УВ-сырья;
- развитие системы быстрого реагирования при катастрофических событиях при эксплуатации нефтегазовых месторождений на шельфе;
- устранение накопленного экологического ущерба, развитие новых эффективных способов восстановления нарушенных территорий.

Угрозы в рамках данного сценария:

- вытеснение России с мировых энергетических рынков, снижение мирового потребления ископаемого топлива;
- ухудшение среды обитания, а именно:
 - усиление уязвимости экосистем к повышению среднегодовой температуры более чем на 2 градуса Цельсия;
 - смена биоценозов на несвойственные данному региону;

- снижение качества поверхностных вод в результате антропогенного загрязнения и климатических факторов, дефицит воды для горной промышленности;
- сокращение ценных биологических ресурсов;
- отток населения в связи с ухудшением состояния окружающей среды (экологическая миграция).

Эксперты признают, что сценарий основан на «региональном эгоизме» (так, осознается, что выбросы парниковых газов в регионе будут расти), однако, данный сценарий предполагает, что экономические показатели регионального развития важнее.

Внутренняя противоречивость сценария мотивирует к поиску путей развития на основе возобновляемых источников энергии и «зеленых» технологий.

3.2. Сценарий 2 «Возвращение к старым порядкам»

Группа 2, модератор – к.э.н. Ключникова Е.М.

Глобальный контекст сценария: «Региональная конкуренция – каменная дорога».

Характеристика глобального контекста: возрождающийся национализм, забота о конкурентоспособности и безопасности, региональные конфликты; ограниченное количество сравнительно слабых глобальных институтов, неравномерная координация и сотрудничество в решении экологических и других глобальных проблем; барьеры для торговли; сосредоточение стран на энергетической и продовольственной безопасности в пределах собственных регионов в ущерб развитию на более широкой основе; авторитарные формы управления со строго регулируемой экономикой; инвестиции в образование и технологическое развитие сокращаются; экономическое развитие идет медленно, потребление материалоемкое, неравенства сохраняются или усугубляются; борьба за поддержание уровня жизни; сильная экологическая деградация; незначительный прогресс в достижении устойчивости; низкий рост населения в промышленно развитых странах и высокий в развивающихся странах; большие проблемы смягчения изменений климата; большие проблемы адаптации.

«Возвращение к старым порядкам»

Основные движущие силы сценария – изменения во власти в РФ, приводящие к квази олигархической системе управления в стране, изоляция РФ в результате усиления санкций США и ЕС.

В 2050 году развитие Мурманской области базируется на добыче и переработке полезных ископаемых, значительное количество которых содержится в недрах Кольского полуострова. Хорошая энергообеспеченность

региона будет этому способствовать. Поскольку глобальный контекст данного сценария предполагает низкий приоритет экологических вопросов, то экологический фактор не будет препятствовать развитию ресурсных производств. Естественными ограничителями ресурсного развития могут быть только конъюнктура рынков сырья и исчерпание ресурсов.

Важную роль в развитии региона будет играть государственная политика. Однако олигархическая система управления государством будет увеличивать неравенство как между субъектами РФ, так и среди населения. Население области будет делиться на тех, кто «сидит на ресурсах», и тех, кто выживает. Отток населения из области будет значительным. Крупные города исчезнут и превратятся в поселки. Пустующая инфраструктура будет разрушаться. В тех населенных пунктах, где предприятием владеет «хороший олигарх», может идти трансформация городской среды: снос ненужных зданий и, возможно, строительство новых модульных домов для немногочисленных сотрудников и вахтовиков. Внешняя изоляция страны из-за усиления санкций США и ЕС.

Политика государства будет нацелена на дальнейшее сокращение социальной, образовательной и медицинской инфраструктуры в населенных пунктах области (оптимизация). В регионе исчезнут университеты и Кольский научный центр. Молодежь будет уезжать учиться и не возвращаться, что приведет к существенному старению и сокращению населения. Пассионарное население переедет в крупные культурные и научные центры (может быть, к тому времени останется единственный такой город – Москва?).

Дальнейшее изменение климата приведет к продвижению северной и верхней границы леса, сокращению площади тундр, изменению водного баланса на Кольском полуострове. Ситуация усугубится неконтролируемыми выбросами и сбросами загрязняющих веществ. Изменится структура растительных сообществ: существенно сдвинется граница леса, уменьшится площадь тундр – почти исчезнет оленеводство. При потеплении климата произойдет снижение грунтовых вод, топогенные болота обсохнут, мерзлота деградирует, изменятся растительные сообщества и состав животных на этих территориях. Увеличится поголовье крупных копытных (лось, олень) и хищников (волк), появятся представители более южной фауны (кабан, белка-летяга). Увеличению численности животных будут способствовать сокращение населения городов, транспортной нагрузки и других антропогенных факторов беспокойства. Будет возможен дефицит чистой пресной воды. Питьевая вода будет загрязнена в водоемах, расположенных в непосредственной близости к промышленным предприятиям. Это будет отрицательно влиять на здоровье населения. Повышение влажности воздуха, средней температуры и удлинение периодов межсезонья будут способствовать появлению вспышек болезней растений, размножению насекомых-вредителей. Рудеральные (заселяющие территории, на которых остался антропогенный мусор) экосистемы будут образованы на неиспользуемых техногенных ландшафтах в изменившихся климатических условиях.

При уменьшении населения области снизится урбанистическая нагрузка на окружающую среду, и также увеличится площадь рудеральной растительности и вторичных березняков. Восстановление экосистем будет протекать медленно, поскольку природосберегающие технологии почти не используются. По данному сценарию окрестности сегодняшних Мончегорска и Никеля – модель ландшафта 80-ти процентов территории Мурманской области в 2050 году.

Развитие технологий и, особенно, простейшей робототехники будет способствовать внедрению автоматизации и «беспилотных» технологий добычи и переработки полезных ископаемых. Это будет дополнительным фактором оттока населения.

Массового развития туризма не произойдет, будет немногочисленный туристический поток в рамках «техногенного трэш-туризма». Но лыжный курорт в Хибинах, скорее всего, сохранит свое значение в условиях сокращения снежного периода повсеместно в центральной и южной России. Хибинские курорты могут приобрести статус главного горнолыжного курорта страны в условиях изоляции и общего потепления климата.

Коренные народы, ведущие традиционный образ жизни, смогут выжить, если адаптируются к изменениям климата. Те же, кто переселился в города, разделят судьбу остальных групп населения.

Заботясь о повышении обороноспособности границ, государство будет поддерживать военные поселения в Мурманской области. Международная конкуренция может вынудить Норвегию и Финляндию построить железную дорогу Рованиemi-Киркенес и развивать порт в Киркенесе, который будет соперничать с портом в Мурманске, что превратит Мурманск в порт сугубо российского значения.

В условиях государственно-олигархического капитализма экологические платежи предприятий будут одним из способов увеличения сборов и, возможно, одним из основных источников наполнения регионального и муниципальных бюджетов.

При сокращении региональных научных центров и концентрации научных исследований в Москве и Санкт-Петербурге вырастет конкуренция и уровень научных исследований. Региональная тематика и структура, в основном, сохранит преемственность с существующими в настоящее время, на Кольском полуострове будут продолжаться исследования по основным современным направлениям ФИЦ КНЦ РАН, в т.ч., и экологические исследования. Необходимость соответствия международному уровню обеспечит продолжение контактов с зарубежными коллегами, возможно, в сокращенном виде. Прогнозируется возвращение к научной политике, аналогичной той, что проводилась в СССР (жесткое централизованное планирование).

3.3. Сценарий 3 «В гармонии с природой Арктики»

Группа 3, модератор – к.э.н. Рябова Л.А.

Глобальный контекст сценария: «Устойчивость, выбор зеленой дороги».

Характеристика глобального контекста: путь устойчивого развития; управление всеобщим достоянием медленно улучшается; относительно небольшая численность населения; более пристальное внимание к благополучию человека; неравенство уменьшается; повышение эффективности использования ресурсов, сокращение общего потребления энергии и ресурсов и улучшение состояния окружающей среды в долгосрочной перспективе; возобновляемая энергия более привлекательна; низкий материальный рост и более низкая ресурсо- и энергоёмкость; незначительные проблемы смягчения изменения климата; незначительные проблемы адаптации.

«В гармонии с природой Арктики»

Главные движущие силы данного сценария (ранжированы участниками обсуждения по степени важности) – экология, новые технологии, социальные институты.

К 2050 году в Мурманской области преобладает альтернативная энергетика. Кольская АЭС закрыта. Действует КВЭС – Кольская водородная электростанция, экологически безопасная и надежная.

Развиваются зеленые технологии, природоподобные и биотехнологии. Климат изменяется, но не сильно, антропогенное влияние на него минимально. Благодаря увеличению среднегодовых температур развивается переработка руд (никелесодержащих и др.) методом бактериального выщелачивания.

Меняется модель освоения региона. Из-за внедрения новых технологий и роботизации развивается вахтовый метод как в добывающей, так и в перерабатывающей промышленности. Как следствие, сокращается численность постоянного населения.

Строятся дома по стандарту «энергия-плюс». Эти комфортные здания с собственным тепличным хозяйством производят энергию для собственных нужд более чем в достаточном количестве и грамотно распоряжаются той, что потребляют. В домах благоприятный микроклимат – правильная вентиляция, поддержка комфортного температурного режима и освещенности. Дома способны вырабатывать энергию не только для собственного потребления, но и для выдачи в сеть.

Используются автомобили, электрокары, железнодорожный, морской, сезонный транспорт (водный, саночный), малая авиация, дроны. Транспортные средства преимущественно с гибридными двигателями, сочетающими двигатель внутреннего сгорания и электромотор, что обеспечивает меньший расход топлива и снижает токсичность выхлопных газов.

Ведется раздельный сбор мусора, эффективно перерабатываются отходы, разрабатываются старые свалки, в том числе, для получения биогаза.

Увеличение количества энергии дает возможность улучшить освещенность городов, особенно в полярную ночь. Светодиодные фитолампы – изобретение космической промышленности, позволяющее компенсировать недостаток естественного освещения, – появляются во всех общественных местах. При этом принимаются меры для предотвращения светового загрязнения.

Регион развивает новые технологии, в том числе информационные. Хорошо развита беспроводная связь. Много местных фирм, торгующих технологиями, в том числе арктическими.

Ценностью и достоянием региона становятся его старовозрастные леса. Мурманская область является национальным и международным научным полигоном – площадкой для проведения биологических и экологических исследований, куда в экспедиции приезжают ученые со всего мира.

Областная Дума работает в интересах людей, львиная доля доходов остается в регионе. Федеральный центр проводит политику минимизации изъятия природных ресурсов Арктики. Жителям области гарантирован доступ к ресурсам – они принадлежат местному населению, платы за сбор грибов и ягод нет. Развивается туризм, при этом большое внимание уделяется тому, чтобы не превышались экологически допустимые нагрузки.

3.4. Сценарий 4 «Зависимость от внешних сил»

Группа 4, модератор – к.э.н. Иванова Л.В.

Глобальный контекст сценария: «Неравенство – разделенная дорога».

Характеристика глобального контекста: увеличение неравенства и расслоения; власть все больше сосредотачивается у относительно небольшой политической и бизнес элиты; интересы уязвимых групп слабо представлены; недостаточные инвестиции в новые ресурсы; экономический рост умеренный в промышленно развитых странах и странах со средним уровнем доходов, тогда как страны, имеющие низкий уровень доходов, отстают; социальная сплоченность снижается, конфликты и беспорядки становятся все более распространенными; технологическое развитие находится на высоком уровне; диверсификация энергетическими компаниями своих источников энергии; экологическая политика сосредоточена на местных проблемах вокруг территорий со средним и высоким уровнями дохода; незначительные проблемы смягчения негативного воздействия; большие проблемы адаптации к изменениям климата.

«Зависимость от внешних сил»

Основные движущие силы данного сценария – загрязнение воды, внедрение информационных технологий (цифровой мир), уменьшение численности населения Мурманской области, изменение (потепление) климата.

Промышленное производство в Мурманской области, основанное на эксплуатации природных ресурсов, будет сохраняться без тенденции к росту. Возможное потепление климата, с одной стороны, будет способствовать упрощению технологических процессов и снижению издержек, а с другой стороны, усугубит проблему пыления отходов. При отсутствии эффективного управления процессом производства и надлежащего контроля уровень загрязнения водоемов стоками промышленного производства будет расти, что окажет возрастающее негативное воздействие на здоровье населения.

Будет идти технологическое развитие, включая развитие информационных технологий, внедрение автоматизации и роботизации. Труд человека все более будет заменяться работой интеллектуальных систем, что повлечет за собой как положительные, так и отрицательные последствия. Производительность, точность труда будут повышаться, но также будут быстрее истощаться ресурсы и высвобождаться рабочая сила. С социальной точки зрения последнее является отрицательным последствием: потерявшие работу люди либо будут покидать регион, либо пополнять ряды малообеспеченных граждан, не имеющих возможности уехать. Как следствие, вероятно повышение социальной напряженности, социального взрыва, появление криминальных районов.

Отток населения продолжится. Преимущественно регион будут покидать молодые люди, а также люди с достаточно высоким уровнем дохода. Уровень образования повышаться не будет вследствие закрытия ВУЗов и сохранения средних специальных учебных заведений, осуществляющих подготовку специалистов по рабочим профессиям. Вероятно развитие вахтового метода освоения ресурсов в необжитых районах области. С целью оптимизации управления возможна территориальная интеграция, объединение муниципалитетов, что, в частности, может привести к новым объединениям больниц и дальнейшей деградации системы здравоохранения.

Существенный потенциал для развития туризма в регионе будет сохраняться, однако, реальное развитие эта сфера сможет получить только при условии значительных вливаний частного капитала. Существенная государственная поддержка этого направления маловероятна. В целом, невелика вероятность создания благоприятного инвестиционного климата, проведения государственной политики по повышению привлекательности региона для проживания.

Геополитическая обстановка в Арктике будет оставаться сложной, вероятно сохранение противоборства интересов разных стран, в том числе государств, не являющихся членами Арктического совета. В связи с этим внимание федерального центра к Мурманской области сохранится, но будет

сосредоточено на областном центре, военных базах, и на реализации проектов федерального значения. Поскольку рассматривается период до 2050 года, то, возможно также развитие Мурманского транспортно-логистического узла.

Изменение климата приведёт к оттаиванию вечной мерзлоты, при этом будут проявляться неблагоприятные геокриологические процессы, влияющие на устойчивость зданий и сооружений, возникнет риск их разрушения.

В Баренцевом море уменьшится площадь ледового покрова и толщина льдов, что окажет влияние на видовое разнообразие и численность популяций морских обитателей.

В случае потепления климата возрастет агроклиматический потенциал региона, будут созданы более благоприятные условия для развития сельского хозяйства. Однако в силу экономической нецелесообразности, какой-либо прогресс в этой сфере маловероятен. В целом, произойдет увеличение периода вегетации растений, что будет способствовать повышению продуктивности экосистем. С другой стороны, возможно усыхание и массовая гибель древостоев в связи с продвижением на север патогенных грибов, против которых у местных видов нет иммунитета. Возможен резкий рост числа лесных пожаров. Климатические изменения вызовут ответную реакцию биоты, что проявится в изменении видового состава экосистем. Возможно сокращение численности и даже исчезновения местных представителей флоры и фауны, так как среда их обитания будет изменяться быстрее, чем они смогут адаптироваться к таким изменениям. В то же время в связи с повышением температуры могут появляться виды, не характерные для арктических экосистем.

Вероятность возникновения каких-либо чрезвычайных событий, при которых будет сильно снижен или совсем утрачен экономический потенциал региона, мала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Рябова Л.А., к.э.н., врио зам. директора по научной работе,
Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН*

*Маслобоев В.А., д.т.н., зам. председателя по научной работе Федерального
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии
наук» (ФИЦ КНЦ РАН), научный руководитель Института проблем
промышленной экологии Севера КНЦ РАН*

Исследовательский семинар «Сценарии развития Мурманской области в условиях глобальных неопределенностей и изменений климата», проведенный 12 декабря 2018 г., стал первым исследовательским семинаром, организованным в рамках выполнения I этапа комплексного междисциплинарного проекта «Зоны интенсивного природопользования в российской Арктике в условиях изменения климата: природные и социальные процессы в долгосрочной перспективе», грант РФФИ-Арктика 18-05-60142.

Одна из главных задач семинара – создание сценариев развития Мурманской области до 2050 г. – была выполнена при участии 32 ученых, представлявших разные области науки (экология и биология, региональная экономика, североведение и арктиковедение, информационные технологии и математические моделирование).

В ходе семинара, в контексте уже созданных глобальных сценариев развития (Shared Socioeconomic Pathways), были определены основные движущие силы будущих изменений и описано видение будущего Мурманской области до 2050 г. в рамках 4-х разработанных региональных сценариев:

- сценарий 1 «По накатанной колее»;
- сценарий 2 «Возвращение к старым порядкам»;
- сценарий 3 «В гармонии с природой Арктики»;
- сценарий 4 «Зависимость от внешних сил».

Исследовательский семинар выявил, что его участники считают основными движущими силами, которые будут определять развитие Мурманской области в ближайшие 30 лет, следующие:

- ситуация в сфере экологии и природопользования;
- внедрение новых, в том числе информационных, технологий;
- демографические изменения;
- изменения в политической сфере.

На последних местах оказались такие движущие силы как геополитическая ситуация и социальные изменения, в том числе уровень образования людей и повышение роли гражданского общества в решении экологических проблем.

При создании сценариев эксперты принимали во внимание также движущие силы, которые не набрали большинства голосов. Так, сценарий 1 «По накатанной колее» построен на таких движущих силах как истощение месторождений

Мурманской области и экологизация производства (появление новых технологий). Сценарий 2 «Возвращение к старым порядкам» строился как на основе трансформаций в политической сфере (а именно, изменения во власти в РФ, приводящие к квази олигархической системе управления в стране), так и изменений в геополитической ситуации (изоляция РФ в результате усиления санкций США и ЕС). Сценарий 3 «В гармонии с природой Арктики» ориентирован на ведущую роль таких факторов как экология, развитие новых технологий и социальных институтов. Сценарий 4 «Зависимость от внешних сил» считает важнейшими движущими силами его реализации загрязнение воды, внедрение информационных технологий (цифровой мир), уменьшение численности населения Мурманской области, изменение (потепление) климата.

Важным результатом семинара мы считаем тот факт, что изменения климата («глобальное потепление») были включены в кластер движущих сил «Экология и природопользование», получивший максимальную приоритетность. При разработке сценариев все 4 группы участников семинара приняли во внимание возможные изменения климата в Арктике и, в том числе, в Мурманской области, в ближайшие 30 лет.

В сценариях 1 и 2 («По накатанной колее» и «Возвращение к старым порядкам»), разработанным для Мурманской области в рамках глобальных контекстных сценариев «Развитие на основе ископаемого топлива» и «Региональная конкуренция – каменистая дорога», климатические изменения рассматривались, главным образом, как угроза развитию региона.

В этих сценариях упоминались такие угрозы как усиление уязвимости экосистем к повышению среднегодовой температуры более чем на 2 градуса Цельсия; смена биоценозов на несвойственные данному региону; снижение качества поверхностных вод в результате антропогенного загрязнения и климатических факторов.

Сценарии 3 и 4 («В гармонии с природой Арктики» и «Зависимость от внешних сил»), разработанные в рамках глобальных контекстных сценариев «Устойчивость, выбор зеленой дороги» и «Неравенство – разделенная дорога», рассматривают изменение климата как с точки зрения рисков для Мурманской области, так и с точки зрения потенциальных возможностей для ее развития.

С точки зрения рисков в данных сценариях были упомянуты такие возможные события как усугубление проблемы пыления отходов, разрушение инфраструктуры в результате нарастания неблагоприятных геокриологических процессов. С точки зрения возможностей были сделаны предположения об упрощении технологических процессов и снижении издержек из-за потепления климата. Сценарий 3, максимально ориентированный на устойчивое социально-эколого-экономическое развитие, предусматривает минимальное антропогенное влияние на климат и, не в последнюю очередь благодаря этому, незначительные климатические изменения в последующие 30 лет. При этом предполагается, что увеличение среднегодовых температур позволит развивать переработку руд альтернативными методами (например, методом бактериального выщелачивания).

Некоторого рода сюрпризом явилось то, что при выявлении движущих сил, определяющих развитие Мурманской области, на последних местах остался такой фактор как уровень образования людей. Как правило, развитие человеческого капитала оценивается как важнейшая движущая сила при разработке любых сценариев национального, регионального и местного развития. Возможная причина того, что в данном случае этот фактор остался «за кадром», – то, что участники семинара, будучи учеными и преподавателями, восприняли этот аспект как сам собой разумеющийся и поэтому не внесли его в перечень главных движущих сил. Тем не менее, в самих сценариях этому фактору было уделено определенное внимание.

Мы считаем необходимым подчеркнуть, что люди, работающие в различных отраслях и, особенно, в сфере управления региональным развитием, должны обладать знаниями и высокой квалификацией для принятия заблаговременных решений, смягчающих последствия глобальных вызовов социально-политического (глобальные тенденции) и природного (изменение климата) характера. Поэтому при принятии решений необходимо опираться на знания и научно обоснованные оценки и, следовательно, уделять пристальное внимание развитию образования и науки в Арктическом макрорегионе и в том числе, в Мурманской области (Ключникова и др., 2017).

Один из ценных результатов семинара – полученный опыт активного междисциплинарного взаимодействия. Как отметили в выступлениях участники семинара, этот опыт оказался интересным, вдохновляющим, и будет полезен при подготовке и реализации других проектов в Кольском научном центре РАН.

Следующие этапы осуществления проекта предполагают вовлечение в обсуждение сценариев развития Мурманской области не только ученых, но и представителей разных слоев общества и социальных групп. Их мнение, опыт, интересы также должны найти свое отражение в суждениях о возможном состоянии будущего этого региона.

Сценарное прогнозирование – не просто интересное интеллектуальное приключение. Оно обладает богатым практическим потенциалом. Будущее нам дано в наших представлениях о нем, а наши представления обладают материальной силой из-за своих последствий. Будущее создается действиями в настоящем, и наши представления о нем влияют на эти действия. В процессе сценарного прогнозирования, речь идет, с одной стороны, об установлении соответствия между настоящим и вариантами будущего, а с другой стороны, что исключительно важно, – о разделении этих вариантов на желательные и нежелательные. Именно тогда появляется возможность способствовать планированию, направленному на минимизацию шансов нежелательных сценариев и максимизацию шансов желательных сценариев (Благовещенский и др., 2012).

В последние годы развиваются практики по подготовке региональных стратегий социально-экономического развития, в том числе на базе сценарного подхода. Наиболее успешные и дальновидные территории сами формируют

тренды развития и будущие потребности уже сегодня (Ключникова и др., 2017). Результаты нашей работы могут быть использованы как отправная точка для формирования оптимального целевого сценария развития как Мурманской области, так и всей российской Арктики в условиях изменения климата.

ЛИТЕРАТУРА

Бардин М.Ю. Основные структуры наблюдаемых изменений климата России и их факторы // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2008. № 1. С. 38-44.

Берлина Н.Г., Зануздаева Н.В. Динамика фенологических и климатических параметров на примере *Betula czerepanovii* Orlova в Лапландском заповеднике (Мурманская область) / Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. 2016. С. 48-52.

Благовещенский, Ю.Н., Кречетова М.Ю., Сатаров Г.А. Сценарное прогнозирование политической ситуации в России — 2012. Москва: Фонд «Либеральная миссия». 2012. 52 с.

Болотов И.Н. Фауна и экология булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera*, *Rhopalocera*) полуострова Канин и острова Колгуев // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. № 11. С. 1365-1373.

Болотов И.Н., Подболоцкая М.В., Колосова Ю.С., Зубрий Н.А. Современный поток мигрантов и его роль в формировании фаун булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera*, *Rhopalocera*) на морских островах с молодой аллохтонной биотой // Известия РАН. Серия: Биол. 2013. № 1. С. 88-98.

Болтыров В.Б., Селезнев С.Г., Стороженко Л.А. Оптимальное сочетание способов обогащения сульфидных медно-никелевых руд техногенного объекта «Отвалы Аллареченского месторождения» // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11 (42). Ч. 3. С.113-117.

Власова А.А., Болотов И.Н., Гофаров М.Ю., Зубрий Н.А., Филиппов Б.Ю., Фролов А.А., Акимова И.А. Локальные фауны булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera*: *Rhopalocera*) Европейского Севера России: север Югорского полуострова (Амдерма) и остров Вайгач // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 3. С. 48-60.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата Российской Федерации: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.

Дементьев В.Е., Дружина Г.Я., Гудков С.С. Кучное выщелачивание золота и серебра. Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2004. 352 с.

Демин В.И., Анциферова А.Р., Мокротоварова О.И. Изменения температуры воздуха в Мурманске с начала XIX века // Вестник Кольского научного центра РАН. 2015. № 1 (20). С. 113-125.

Демин В.И., Козелов Б.В., Елизарова Н.И., Меньшов Ю.В. Микроклиматическая изменчивость температуры воздуха в холмистом рельефе на Кольском п-ове // Physics of Auroral Phenomena. 2017. Т. 40. С. 135-138.

Исаева Л.Г., Сухарева Т.А., Боровичев Е.А., Урбанавичюс Г.П., Химич Ю.Р., Зенкова И.В., Артемкина Н.А., Горбачева Т.Т., Ершов В.В., Мамонтов Ю.С., Иванова Е.А. Изучение и охрана наземных экосистем Мурманской области

// Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная экология Севера. 2018. Вып. 6. С. 6-33.

Исаева Л.Г. Болезни деревьев и кустарников Мурманской области // Грибные сообщества лесных экосистем / Отв. ред. В. Г. Стороженко, А.В. Руоколайнен, А.В. Кикеева. Том 5. М., Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. С. 48-56.

Каравайко Г.И., Росси Дж., Агате А. и др. Биогетехнология металлов. Практическое руководство. М.: ГКНТ, 1989. 375 с.

Ключникова Е.М., Исаева Л.Г., Маслобоев В.А., Алиева Т.Е., Иванова Л.В., Харитоновна Г.Н. Сценарии развития ключевых отраслей экономики Мурманской области в контексте глобальных изменений в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2017. №1 (25). С. 19-31.

Кондратьева Т.Ф., Булаев А.Г., Муравьев М.И. Микроорганизмы в биогетехнологиях переработки сульфидных руд. М.: Наука. 2015. 212 с.

Лавриненко И.А., Лавриненко О.В. Влияние климатических изменений на растительный покров островов Баренцева моря // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 6. С. 4-16.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. В 2 т. М.: Росгидромет, 2008. URL: <http://climate2008.igse.ru> (accessed: 30.04.2019).

Рябова Л.А., Ключникова Е.М. Социальные последствия изменения климата в российской Арктике: изученность проблемы и задачи новых исследований // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2018. №3 (59). С. 91-111.

Селезнев С.Г. Нетрадиционные эффективные способы обогащения сульфидных медно-никелевых руд на примере Аллареченского техногенного месторождения // Известия ВУЗов. Горный журнал. 2011. № 8. С. 118-125.

Семенов С.М., Гладильщикова А.А. Пятый оценочный доклад межправительственной группы экспертов по изменению климата: основные итоги и российский контекст // VII Метеорологический съезд, Санкт-Петербург, Секционное заседание 2: Исследования климата и его изменений, 8 июля 2014 г.

Семенов-Тян-Шанский О.И. Результаты массового размножения осенней пяденицы в лесах Мурманской области в 1962-65гг / Природа и хозяйство Севера: Матер. II научн. конф. Сев.фил. Геогр. о-ва СССР. Вып. 2. Ч.1. 1970. С. 171-173.

Сидоров П.И., Меньшикова Л.И., Бузинов Р.В., Вязьмин А.М., Дегтева Г.Н., Санников А.Л. Стратегия адаптации к воздействию изменения климата на здоровье населения для Архангельской области и Ненецкого автономного округа Российской Федерации. Архангельск: изд-во Триада. 2012. 98 с.

Халезов Б.Д. К вопросу о переработке руд Удоканского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 8. С.103-108.

Халезов Б.Д. Кучное выщелачивание медных и медно-цинковых руд (отечественный опыт). Екатеринбург: УрО РАН. 2013. 348 с.

ACIA, Impacts of Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press. 2004. 140 p. URL: // <http://www.acia.uaf.edu> (accessed: 30.04.2019).

Bjørkan Maiken, Bourmistrov Anatoli, Eklund Niklas, Ludmila Isaeva, Ivanova Ludmila, Kharitonova Galina, Klyuchnikova Elena, Masloboev Vladimir, Pilli-Sihvola Karoliina Adaptation Actions for a Changing Arctic: Perspectives from the Barents Area. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. 2017. P. 109-127 (267 pp.) ISBN 13 978-82-7971-102-5. URL: <https://www.amap.no/documents/download/2981/inline> (accessed: 30.04.2019).

Demin V.I., Zyuzin Yu.L. Meteorological observations at the mountaintop stations in the Khibiny (the Kola Peninsula, Russia) and regional climatic changes / Proc. of 29th Inter. Conf. on Alpen Meteorology (4-8 June, 2007, Chambéry, France). 2007. P. 411-414.

Enemar A., Nilsson L., Sjöstrand B. The composition and dynamics of the passerine bird community in a subalpine birch forest, Swedish Lapland. A 20-year study // *Annales Zoologici Fennici*. 1984. Vol. 21. P. 321-338.

Haukioja E., Neuvonen S., Hanhimäki S., Niemelä P. The autumnal moth in Fennoscandia / Berryman AA (ed) Dynamics of forest insect populations: Patterns, causes, and implications. Plenum. New York. 1988. P. 163-178.

Hogstad O. Population fluctuations of *Epirrita autumnata* Bkh. and *Operophtera brumata* (L.) (Lep., Geometridae) during 25 years and habitat distribution of their larvae during a mass outbreak in a subalpine birch forest in Central Norway // *Fauna Norv Ser.*, 1997. Vol. 44. P. 1-10.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 p.

Jepsen J.U., Hagen S.B., Ims R.A., Yoccoz N.G. Climate change and outbreaks of the geometrids *Operophtera brumata* and *Epirrita autumnata* in subarctic birch forest: evidence of a recent outbreak range expansion // *Journal of Animal Ecology*. 2008. Vol. 77(2). P. 57-64.

Kononov Yu. M., Fridrich M. and Boettger T. Regional Summer Temperature Reconstruction in the Khibiny Low Mountains (Kola Peninsula, NW Russia) by Means of Tree-ring Width during the Last Four Centuries // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 2009. Vol. 41. No. 4. P. 460-468.

Kozlov M.B., Berlina H.G. Decline in length of the summer season on the Kola peninsula, Russia // *Climatic Change*, 2002. Vol. 54. P. 387-398.

Mandziak T., Pattinson D. Experience-based approach to successful heap leach pad design // *Mining World*. 2015. Vol. 12. № 5. P. 28-35.

Masloboev V.A., Seleznev S.G., Svetlov A.V., Makarov D.V. Hydrometallurgical processing of low-grade sulfide ore and mine waste in the Arctic regions: perspectives and challenges // *Minerals*. 2018. Vol. 8. P. 436; doi:10.3390/min8100436.

Nilsson A.E., Carlsen H. and L.M. van der Watt, 2015. Uncertain futures: The changing global context of the European Arctic. Report from a Scenario Workshop in Pajala, Sweden, 9-10 March 2015. SEI Working Paper 2015-12. Stockholm Environment Institute.

O'Neill B.C., Kriegler E., Ebi K.L. et al. The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century // *Global Environmental Change*. Febr. 2015. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378015000060> (accessed: 30.04.2019).

Petersen J. Heap leaching as a key technology for recovery of values from low-grade ores – A brief overview // *Hydrometallurgy*. 2016. Vol.165. P. 206-212.

Qin W., Zhen S., Yan Z., Campbell M., Wang J., Liu K., Zhang Y. Heap bioleaching of a low-grade nickel-bearing sulfide ore containing high levels of magnesium as olivine, chlorite and antigorite // *Hydrometallurgy*. 2009. Vol. 98. No 1-2. P. 58-65.

Report from the Commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions: on the implementation of the Circular Economy Action Plan. Brussels. 2019. 11 p.

Riekkola-Vanhanen M., Palmu L. Talvivaara Nickel Mine – from a project to a mine and beyond / In Proceedings of symposium Ni-Co 2013; Battle, T., Moats, M., Cocalia, V. et al., Eds.; Springer International Publishers: Switzerland, 2016. P. 269-278.

Sinha K.P., Smith M.E. Cold climate heap leaching / Proceedings of the 3rd International Conference on Heap Leach Solutions. Published by InfoMine Inc. 2015. P. 409-425.

Smith K.E. Cold weather gold heap leaching operational methods // *Journal of the Minerals, Metals, and Materials Society*. 1997. Vol. 49. No 4. P. 20-23.

Tenow O. The outbreaks of *Oporinia autumnata* Bkh. and *Operophtera* spp. (Lep., Geometridae) in the Scandinavian mountain chain and northern Finland 1862-1968 (PhD thesis) // *Zoologische fran Bijdragen Uppsala Supplements*. 1972. Vol. 2. P. 1-107.

Tenow O., Nilssen A.C., Bylund H., Hogstad O. Waves and synchrony in *Epirrita autumnata* / *Operophtera brumata* outbreaks. I. Lagged synchrony: regionally, locally and among species // *Journal of Animal Ecology*. 2007. Vol. 76(2). P. 258-268.

The Social Dimensions of Climate Change / United Nations Task Team on Social Dimensions of Climate Change. 2011. P. 37 URL: https://www.iom.int/jahia/webdav/shared/shared/mainsite/activities/env_degradation/cop17/SDCC-Social-dimensions-of-climate-change-Paper.pdf (accessed: 01.03.2019).

Watling H.R. Review of biohydrometallurgical metals extraction from polymetallic mineral resources // *Minerals*. 2015. Vol.5. P. 1-60.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Список участников

№	ФИО	Место работы	Адрес электронной почты
1	Копеина Екатерина Игоревна	ПАБСИ	Kopeina-E@yandex.ru
2	Вицентий Александр Владимирович	ИИММ КНЦ РАН	alx_2003@mail.ru
3	Даувальтер Владимир Андреевич	ИППЭС КНЦ РАН	vladimir@inep.ksc.ru
4	Горбачева Тамара Тимофеевна	ИППЭС КНЦ РАН	gorbacheva@inep.ksc.ru
5	Мингалева Татьяна Анатольевна	ИППЭС КНЦ РАН	mingalevat@mail.ru
6	Шишаев Максим Геннадьевич	ИИММ КНЦ РАН, ФГБОУ ВО МАГУ	shishaev@iimm.ru
7	Макаров Дмитрий Викторович	ИППЭС КНЦ РАН	mdv_2008@mail.ru
8	Быстров Виталий Викторович	ИИММ КНЦ РАН	bystrov@iimm.ru
9	Елизарова Ирина Рудольфовна	ИППЭС КНЦ РАН	elizarir@yandex.ru
10	Вандыш Оксана Ивановна	ИППЭС КНЦ РАН	vandysh@inep.ksc.ru
11	Сухарева Татьяна Алексеевна	ИППЭС КНЦ РАН	s.tat.a@mail.ru
12	Королева Ирина Михайловна	ИППЭС КНЦ РАН	koroleva@inep.ksc.ru
13	Боровичев Евгений Александрович	ИППЭС КНЦ РАН	borovichyok@mail.ru
14	Ершов Вячеслав Вячеславович	ИППЭС КНЦ РАН	slavo91@gmail.com
15	Исаева Людмила Георгиевна	ИППЭС КНЦ РАН	isaeva@inep.ksc.ru
16	Дядик Наталья Викторовна	ИЭП КНЦ РАН	ndyadik@mail.ru

№	ФИО	Место работы	Адрес электронной почты
17	Чапаргина Анастасия Николаевна	ИЭП КНЦ РАН	achapargina@yandex.ru
18	Янышевская Елена Сергеевна	ИППЭС КНЦ РАН	drygina_es@mail.ru
19	Денисов Дмитрий Борисович	ИППЭС КНЦ РАН	denisow@inep.ksc.ru
20	Маслобоев Андрей Владимирович	ИИММ КНЦ РАН	masloboev@iimm.ru
21	Фокина Надежда Викторовна	ИППЭС КНЦ РАН	NadezdaVF@yandex.ru
22	Березиков Сергей Александрович	ИЭП КНЦ РАН	bsa@iep.kolasc.net.ru
23	Гасникова Анастасия Александровна	ИЭП КНЦ РАН	agasnikova@iep.kolasc.net.ru
24	Иванова Людмила Викторовна	ИЭП КНЦ РАН	ivanova@iep.kolasc.net.ru
25	Рябова Лариса Александровна	ИЭП КНЦ РАН	larissar@iep.kolasc.net.ru
26	Штабровская Ирина Михайловна	ИППЭС КНЦ РАН	ishtabrovakaya@mail.ru
27	Вандыш Оксана Ивановна	ИППЭС КНЦ РАН	vandysh@inep.ksc.ru
28	Туинова Светлана Сергеевна	ИЭП КНЦ РАН	touinova@iep.kolasc.net.ru
29	Королева Наталья Евгеньевна	ПАБСИ	koroleva@inep.ksc.ru
30	Маслобоев Владимир Алексеевич	ФИЦ КНЦ РАН	masloboev@mail.ru
31	Мазухина Светлана Ивановна	ИППЭС КНЦ РАН	mazukhina@inep.ksc.ru
32	Ключникова Елена Михайловна	ИППЭС КНЦ РАН	e.klyuchnikova@gmail.com



ISBN 978-5-91137-394-8



9 785911 373948

РИО
КНЦ
naukaprint.ru