

Результаты работы НОЦ «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследований»

М.К. Есеев, Д.В. Лукашев

В современном мире, где глобализация и научно-технический прогресс развиваются с невероятной скоростью, Россия стремится укрепить свой научный потенциал и сохранить конкурентоспособность на мировой арене. В связи с этим особую актуальность приобретает деятельность научно-образовательных центров мирового уровня (далее – НОЦ) в Российской Федерации.

Данная работа посвящена анализу актуальности функционирования НОЦ в России с акцентом на исследования в Арктике. Данный регион представляет собой стратегически важное направление для научных исследований, поскольку обладает огромным потенциалом в области природных ресурсов, климатических изменений и геополитики.

Актуальность данной статьи обусловлена необходимостью обеспечения устойчивого развития России в условиях глобальных вызовов и конкуренции на мировом рынке. Результаты исследования могут быть использованы для разработки стратегий и программ развития научно-образовательной сферы, а также для повышения эффективности исследований в Арктическом регионе.

Ключевые слова: Арктика, технологии, исследования, экология, инновации, моделирование, материалы, алмазы.

Введение

Арктический регион является источником значительного объема полезных ископаемых, биоресурсов. Например, здесь расположено около 22% мировых неразведанных ресурсов углеводородов, а это: 13% нефти, 30% природного газа, 20% газоконденсата, сосредоточено более 25% видов отряда лососеобразных рыб и др. Российская часть Арктики наиболее велика по площади, числу населения, экономическому развитию по отношению к мировой. Но, несмотря на огромный инновационный потенциал, данные по уровню инновационной активности по федеральным округам и субъектам РФ [1] показывают, что регионы Арктической зоны Российской Федерации находятся далеко не в лидерах. Здесь явно не хватает инструментов опережающего развития.

Неслучайно в 2020 году по результатам конкурсного отбора Минобрнауки России (распоряжение Правительства РФ от 03.12.2020 №3182-р) был создан и успешно функционирует научно-образовательный центр мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» (далее – НОЦ, НОЦ «Российская Арктика») на базе ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ имени М.В. Ломоносова, САФУ) по инициативе глав субъектов Архангельской области, Мурманской области и Ненецкого

автономного округа. Работа над созданием концепции НОЦ началась еще в 2018 году. Акцент был сделан на самых перспективных направлениях научно-технологического развития, исходя из Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации [2, 3]. Одна из основных задач центра – ускоренное внедрение исследований и разработок в реальный сектор экономики. Во исполнение Перечня поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросу развития Арктической зоны Российской Федерации от 22.05.2022 НОЦ «Российская Арктика» активно подключился к реализации проектов по импортозамещению.

Поставленная цель достигается благодаря тесной кооперации научно-образовательных учреждений с реальным сектором экономики. НОЦ «Российская Арктика» консолидирует потенциал 84 организаций: 21 об-



ЕСЕЕВ
Марат Каналбекович
профессор, Ректорат
Северного (Арктического)
федерального университета
им. М.В. Ломоносова



ЛУКАШЕВ
Денис Валерьевич
Дирекция научно-образова-
тельного центра мирового
уровня «Российская Арктика»:
новые материалы, технологии
и методы исследования

разовательной организации высшего образования, 14 научных организаций, 49 организаций реального сектора экономики, которые ведут свою хозяйственную деятельность в Арктике.

НОЦ реализует программу деятельности по пяти основным направлениям:

- судостроение и морская арктическая техника;
- развитие высокотехнологичных производств в Арктике (добыча и переработка полезных ископаемых, синтез новых материалов);
- жизнедеятельность человека в Арктике;
- биоресурсы Арктики;
- Северный морской путь и связанность арктических территорий.

Прежде чем говорить о результатах работы научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования», стоит упомянуть создание на его базе молодежных лабораторий.

Одной из главных задач, поставленных Президентом Российской Федерации в 2020 году, является развитие молодых научных кадров на территории Арктической зоны РФ. Напомним, что в Арктическую зону РФ входят 9 субъектов: Архангельская область, Мурманская область, Республика Карелия, Республика Коми, Ненецкий автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ.

Так как регионами-инициаторами научно-образовательного центра «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» являются Архангельская область, Мурманская область и Ненецкий автономный округ, то реализация задачи развития молодых кадров легла на плечи НОЦ «Российская Арктика» и университетов, с которыми происходит сотрудничество в рамках научных исследований (рис. 1).



Рис. 1. Молодежная лаборатория САФУ.

Создание молодежных лабораторий на базе научно-образовательных центров имеет большое значение по нескольким причинам:

1. Научно-образовательный центр привлекает молодые таланты. Молодежные лаборатории предоставляют возможность молодым ученым, исследователям и студентам получить опыт работы в реальных научных проектах. Это способствует привлечению талантливой молодежи в науку и образование, а также формированию нового поколения ученых.

2. Развитие научного потенциала. Работа в молодежных лабораториях позволяет молодым исследователям развивать свои навыки и компетенции в области науки и технологий. Это включает в себя проведение исследований, анализ данных, разработку новых методов и подходов, а также участие в научных конференциях и публикациях.

3. Развитие технологического суверенитета Российской Федерации. Молодые ученые готовы привнести новые и рискованные идеи, которые потенциально могут помочь стране обрести технологический суверенитет и укрепить свои позиции на мировом рынке.

4. Формирование научного сообщества. Молодежные лаборатории создают условия для формирования научного сообщества, где молодые ученые могут обмениваться опытом, идеями и результатами своих исследований. Это способствует развитию научной коммуникации и сотрудничества между различными научными группами и организациями.

5. Возможность молодым ученым взаимодействовать напрямую с предприятиями для кооперации и совместной работы над крупными проектами, в которых нуждается заказчик.

Таким образом, создание молодежных лабораторий является важным шагом в развитии научного потенциала страны и в привлечении молодых талантов в науку и образование.

Научно-образовательный центр мирового уровня «Российская Арктика» принял участие в конкурсе Минобрнауки России; всего было подано восемь заявок. Все проекты соответствовали научно-производственным платформам НОЦ и были направлены на реализацию конкретных технологических проектов. Шесть научных лабораторий победили в конкурсе, средства на реализацию научных исследований будут выделены из федерального бюджета.

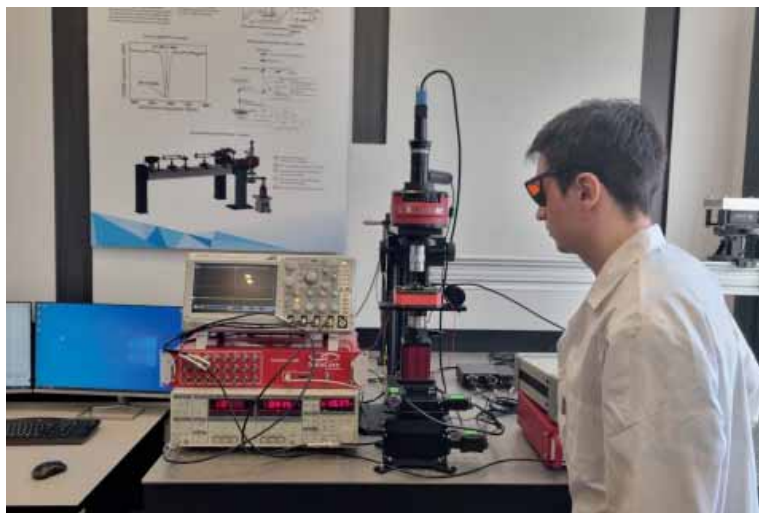


Рис. 2. Исследование алмазов.

Три лаборатории были созданы на базе Мурманского государственного технического университета и ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН» в Мурманской области. Другие три лаборатории функционируют на территории Архангельской области: одна из них в Федеральном исследовательском центре комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН), а две лаборатории в САФУ имени М.В. Ломоносова. До создания молодежных лабораторий НОЦ «Российская Арктика» уже вел работы по исследованиям алмазов (рис. 2).

Синтетические монокристаллические алмазные пластины являются перспективным и востребованным материалом. Он успешно применяется в различных технологических областях, включая квантовую магнитометрию, сверхточную механическую обработку, лазерную технику, силовую и СВЧ-электронику, детекторы излучения, рентгеновскую оптику и многое другое. У этого материала есть большое будущее, а для внедрения в производство необходимо не только изучить, но и получить о нем детальную информацию. В стенах лаборатории создают алмазные пластины с азотно-вакансионными центрами NV и разрабатывают устройства для их анализа и использования в магнитометрии. У данной лаборатории есть коммерческий партнер – компания АО «АГД ДАЙМОНДС», которая сотрудничает в рамках разработки различных устройств и практического применения алмазных пластин. Результаты деятельности этой лаборатории напрямую способствуют реализации технологического

проекта НОЦ «Организация высокотехнологичного производства по синтезу монокристаллов алмаза методом температурного градиента и изготовлению монокристаллических алмазных пластин». По итогам этапов деятельности этой лаборатории, при финансовом участии индустриального партнера АО «АГД ДАЙМОНДС» были созданы методики и комплекс оборудования, стенов для обработки, диагностики и паспортизации монокристаллических алмазных пластин с заданными характеристиками для высокотехнологичного применения. Отработаны технологии создания монокристаллических алмазных пластин с NV-центрами в качестве элементов квантовых сенсоров. В том числе на основе таких пластин изготовлен прототип высокоточного измерителя тока. В настоящий момент идет работа по созданию квантового магнитометра для магниторазведки при поиске полезных ископаемых. Полученные результаты научно-исследовательских работ публикуются в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах; с момента создания лаборатории опубликовано свыше 40 работ, более 15 из которых – в ведущих мировых журналах с высоким импакт-фактором [4–9]. Сотрудниками лаборатории с момента ее основания защищены четыре кандидатские диссертации. Ведутся работы по патентованию, и уже получено два свидетельства программы ЭВМ: «Создание карты оптической анизотропии в монокристаллических алмазных пластинах» (заявка №2023667018, свидетельство №2023669185), а также «Программа по измерению внутренних напряжений в алмазной пластине» (заявка №2024662702, свидетельство №2024665059). Создана технологическая линия для производства квантовых сенсоров на основе синтезированных монокристаллических алмазных пластин с азотно-вакансионными для квантовой сенсорики. По заказу предприятий разработаны и изготовлены приборы для паспор-

тизации и характеристики таких пластин, выполнены три НИОКР с компанией – заказчиком АО «АГД ДАЙМОНДС».

Молодежная лаборатория химии природных соединений и биоаналитики насчитывает 13 сотрудников, 12 из них – молодые ученые до 39 лет. В это число также входят три аспиранта и один студент. Научной тематикой работ являются растительные биоресурсы Арктического региона: их поиск, выделение и характеристика биологически активных веществ для создания новых инновационных продуктов и фармацевтических препаратов. Основным результатом выполненных исследований будет являться новый комплекс аналитических методик и подходов для поиска и идентификации биологически активных компонентов в растительном сырье, включая разработку новых способов получения экстрактов и отдельных соединений с высокой биологической активностью. В рамках деятельности лаборатории проходят исследования, направленные на поиск, выделение и характеристику биологически активных веществ в составе растительных биоресурсов арктического региона, с целью создания на их основе новых инновационных продуктов и фармацевтических препаратов [16].

За последнее время молодыми учеными лаборатории удалось получить множество ценных результатов. Среди них можно отметить результаты, полученные по комплексной характеристике вторичных метаболитов биомассы морошки. Особое внимание было уделено экстрактивным веществам листьев, которые, в отличие от ягод, обогащены полифенольными соединениями с высокой антиоксидантной активностью [17].

Исследования вторичных метаболитов мха из рода Кукушкин лен также привели к интересным открытиям, а именно идентифицирован ряд неизвестных ранее в природе полифенольных соединений – олигомеров 3-гидроксифлоретина с раз-

личной степенью полимеризации и новый дигидрокоричный бибензил [18]. Предварительные исследования свойств данных соединений показывают высокую антиоксидантную активность в совокупности с прогнозируемой низкой токсичностью.

Проведены исследования по идентификации ценных биологически активных соединений в составе стеблей пижмы обыкновенной как представителя лекарственных растений. Установлено, что в составе ее вторичных метаболитов присутствуют различные гликозиды флавоноида апигенина, в том числе производные с п-кумаровой кислотой.

Помимо характеристики возобновляемого растительного сырья, проводятся исследования экстрактивных веществ в составе отходов деревоперерабатывающей промышленности (коры и компрессионной древесины березы, осины, а также различных хвойных пород деревьев).

Проведены исследования подхода к препаративному извлечению лигнанов, а также флавоноидов по типу нарингенина и аромадендрина из компрессионной древесины осины с помощью методов полупрепаративной высокоэффективной жидкостной хроматографии и сверхкритической флюидной хроматографии. Оба подхода оказались эффективными и позволили получить широкий перечень производных флавоноидов в индивидуальном виде с чистотой выше 90%.

В рамках выполненных работ удалось не только расширить перечень идентифицированных компонентов в растениях, характерных для европейского Севера России, но и разработать новые подходы к их препаративному извлечению.

Применение предложенных подходов к выделению и получению биологически активных веществ открывает возможности для создания новой фармацевтической, косметической и других видов продукции с высокой добавочной стоимостью.

Третья и четвертая молодежные лаборатории находятся на базе ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН» в Мурманской области. Первая из них – это лаборатория геоэкологии и рационального природопользования Арктики. Она была создана с целью проведения постоянного контроля за состоянием природных экосистем на месте действующих промышленных предприятий и на урбанизированных территориях Арктической зоны РФ, в том числе в районах, предназначенных для разведки и разработки новых месторождений полезных ископаемых, а также с целью оценки эффективности технологий восстановления природной среды после антропогенного стресса и анализа рекреационного потенциала Арктики для обеспечения комфортного проживания людей на Севере.

За время ее функционирования учеными было выпущено несколько десятков статей в крупных научных изданиях. За три года исследователи смогли выпустить научные работы на темы: «Биогеохимические особенности функционирования малых арктических озер Хибинского горно-

го массива в условиях изменения климата и окружающей среды» (2022), «Биогеохимическая миграция и аккумуляция химических элементов растениями в аквасистеме сбросного канала Кольской АЭС» (2022), «Фотодокументация морфологических данных у рыб» (2021).

Вторая лаборатория – это лаборатория арктической минералогии и материаловедения. Исследования, проводимые в ней, получили в 2023 году грантовую поддержку Российского научного фонда.

Среди победителей Конкурса молодежных научных групп 2023 года – проект ведущего научного сотрудника лаборатории арктической минералогии и материаловедения Центра наноматериаловедения кандидата химических наук Сергея Волкова «Кристаллохимический дизайн, строение и свойства новых функциональных материалов на основе борат-галогенидов, фтороксоборатов и боратов одновалентных металлов». Группа, в которую входит Сергей Николаевич, недавно обнаружила два новых соединения: нецентросимметричный борат-иодид натрия $\text{Na}_{17}\text{B}_{24}\text{O}_{42}\text{I}_5$ и борат-нитрат серебра $\text{Ag}_4(\text{NO}_3)(\text{B}_3\text{O}_6)$ с новым типом борокислородных групп $[\text{B}_9\text{O}_{18}]^{9-}$. Помимо подробных исследований этих двух соединений, новый проект направлен на решение фундаментальных задач современного материаловедения и современной кристаллографии – исследования несоразмерно модулированных объектов, описание которых требует использования более чем трех измерений. Кроме того, ученые разработают на основе боратов новые ионпроводящие материалы.

На два года продлен проект «Модулярность и топологические особенности природных и синтетических микропористых соединений со смешанными тетраэдрическими и гетерополиэдрическими анионами». Этим исследованием занимается группа под руководством заведующего лабораторией арктической минералогии и материаловедения кандидата геолого-минералогических наук Сергея Аксенова. За три года реализации проекта удалось добиться впечатляющих успехов в области получения и комплексного изучения новых материалов и минералов. Стало понятно, что темы модулярности, политипии, сложности и топологии применительно к природным и синтетическим соединениям намного шире, чем предполагали раньше. В связи с этим коллектив планирует продолжить исследования и добавить к основным задачам две новые: развитие новых подходов к анализу сложности неорганических и молекулярных кристаллов с низкоразмерными структурами и развитие OD-теории в рамках классического подхода, в том числе с позиции различных расширений, что позволит устанавливать политипное родство между большим числом структурных типов. Результат проекта виден уже в конце 2024 года: ученые в рамках работы смогли подготовить технологические системы к внедрению и провести испытания в условиях, близких к реальным.

Пятой лабораторией, которая реализует проекты в рамках научно-образовательного центра мирового уровня «Рос-

сийская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования», стала лаборатория инновационных технологий в АПК ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН в Архангельской области.

Лаборатория инновационных технологий в АПК создана в октябре 2021 года на базе Архангельского научно-исследовательского института сельского хозяйства – Приморского филиала ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН в рамках реализации национального проекта «Наука и университеты» и включена в структуру межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования». В лаборатории работают 10 научных сотрудников, в том числе 7 – молодые ученые до 39 лет. Целью научно-исследовательской деятельности молодежной лаборатории является разработка системы производства полноценной и экологически безопасной продукции отрасли молочного животноводства в Арктической зоне РФ на основе использования генотипированных племенных животных.

На данный момент лаборатория работает с проектом повышения качественных и количественных показателей молочной продуктивности для региона.

В результате проведенный анализ полиморфизмов генов молочных белков крупного рогатого скота установил генотипы и аллели, отвечающие за улучшение хозяйственных признаков популяции холмогорского скота. Полученные исследования использованы в племенной оценке поголовья хозяйств для составления животноводческих программ селекции. По результатам исследования, опубликовано четыре научные статьи в октябре 2024 года. Данные исследования станут научной основой для разработки программ селекционной работы, направленных на генетическое совершенствование хозяйственно полезных признаков коров холмогорской породы, а также на сохранение аллелофонда и уникальных

биологических особенностей этой породы.

Шестая молодежная лаборатория находится в ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет». Их главный проект – разработка и апробация технологии доочистки и фитоэкстракции тяжелых металлов из сточных и загрязненных природных и техногенных водоемов, в т. ч. из сточных вод и хвостов металлургического производства. За три года они смогли достичь больших успехов. От теории они смогли пройти до создания прототипа системы, которую уже протестировали и демонстрационно показали в условиях, близких к реальным.

За время работы всех шести молодежных лабораторий наши ученые смогли реализовать десятки крупных проектов, по которым получили отличные результаты. Технологии уже либо внедрены, либо внедряются в производство на предприятиях промышленных партнеров. Подчеркнем, что в число промышленных партнеров входят большие организации, такие как: АО «Севералмаз», ПАО «ФосАгро», АО «Ковдорский ГОК» и другие.

Далее мы расскажем о реализованных проектах НОЦ, которые не относятся к молодежным лабораториям.

В первую очередь стоит отметить стройматериалы из алмазных отходов. Сапонит считается перспективным сырьем XXI века. Его широко применяют в различных отраслях промышленности. Например, для производства силикатных строительных материалов, гидроизоляции при обустройстве полигонов хранения ТБО и радиоактивных могильников, фильтрации сточных вод, а также в медицине и курортной сфере. Учитывая ценность данного вида сырья, нужно найти эффективный способ утилизации и вторичного использования сапонитсодержащих отходов. Это позволит решить экологические проблемы при складировании и хранении больших объемов побочной

продукции, которая накапливается при разработке. Проект подходит к финальной стадии реализации. По итогам реализации проекта планируется получить опытные партии трех товарных продуктов по разработанной технологической схеме оборотного водоснабжения обогатительной фабрики Ломоносовского ГОК: осветленную воду с требуемым содержанием взвешенных веществ, сапонитсодержащую порошковую минеральную добавку в бетоны и гранулированные сапонитсодержащие минеральные удобрения (рис. 3).

Для реализации сценария устойчивого развития России и её вклада в глобальное улучшение климата на нашей планете в настоящее время все большую актуальность приобретает реализация мероприятий, связанных с повышением доли использования вторичных ресурсов путем вовлечения отходов промышленности в производственные циклы в качестве вторичного сырья [9].

Данное положение в полной мере относится и к горно-обогатительным комбинатам, в результате функционирования которых формируется существенный объем попутно добываемых (или вскрышных) пород, складываемых в хранилищах на больших площадях. Так, например, АО «Севералмаз» занимается разработкой крупнейшего месторождения алмазов в Европе, которое расположено в 100 км от Архангельска.



Рис. 3. Схема расположения хвостохранилища месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова (вид со спутника).

Одной из отличительных особенностей технологии добычи алмазов является высокая степень обводнения вмещающих пород, что существенно осложняет переработку руды. Кроме того, слагающие трубку породы имеют состав, который значительно отличается от типичных кимберлитов и в основном представлен глинистым минералом – сапонитом. Данный минерал является одним из основных компонентов отходов производства, которые образуются в процессе обогащения кимберлитовых руд (до 4 млн тонн в год) и складываются в специальные хвостохранилища (прудовые отстойники).

Поэтому решение задач, связанных с выделением сапонитсодержащей твердой фазы и ее использованием в индустрии строительных материалов, является весьма актуальным направлением, так как доказано, что сапонитсодержа-

щий материал (далее – ССМ) представляет собой многотоннажный отход, который можно рассматривать в качестве техногенного сырьевого материала, модификация которого позволяет эффективно использовать его в индустрии строительных материалов.

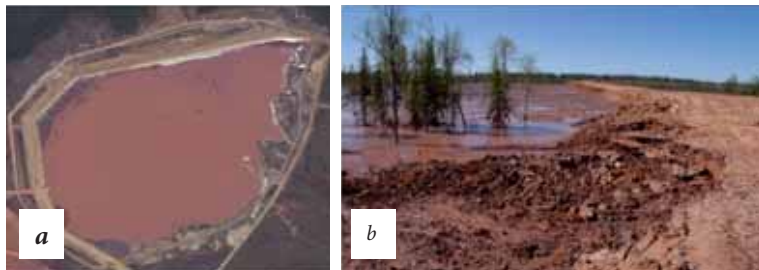


Рис. 4. Хвостохранилище опытно-промышленного участка трубки Архангельская: а – вид со спутника; б – фото пляжной зоны.

В рамках мероприятия НОЦ «Российская Арктика» по теме «Выделение сапонитсодержащей твердой фазы из оборотной воды обогатительной фабрики ПАО «Севералмаз» и поиск перспективных направлений использования полученной твердой фазы в индустрии строительных материалов, предназначенных для эксплуатации в условиях Севера и Арктики», решаются обозначенные выше задачи.

В настоящее время разработан способ выделения ССМ из суспензии оборотной воды с использованием принципов электролитной коагуляции, при этом образовавшаяся твердая фаза характеризуется содержанием сапонита 60–65% [10–12, 13].

Ввиду уникальности свойств сапонита и строения его кристаллической решетки в настоящее время успешно ведутся исследования по модификации его структуры для использования в качестве активного компонента для вяжущих композиций при получении морозостойких мелкозернистых бетонов, магнезиальных вяжущих, новых теплоизоляционных материалов и керамических изделий [14, 15] (рис. 5, 6, 7).

В таких регионах, как Северодвинск, Архангельск, Мурманск, расположены крупнейшие судостроительные предприятия страны: АО центр атомного судостроения ПО «Севмаш», АО центр судоремонта «Звездочка», СПО «Арктика». НОЦ реализует проекты в их интересах, например, по аддитивным технологиям для судоремонта. Так, создан еще один прорывной технологический проект, который связан с изучением металлических порошков. Ученые научно-образовательного центра разработали технологии выращивания элементов для винторулевых колонок, гребных винтов на основе металлических порошков из сплавов титана, нержавеющей стали, винтовой бронзы. Их можно использовать как для создания новых деталей, так и для судоремонта с учетом требований Российского морского регистра судоходства. Внедрение аддитивных технологий 3D-печати в судостроении требует развития. В этой отрасли в ходу крупногабаритные детали, однако при их изготовлении велик риск наруше-



Рис. 5. Бетонный образец с добавкой ССМ.



Рис. 6. Сапонит-базальтовый конструкционно-теплоизоляционный композит.

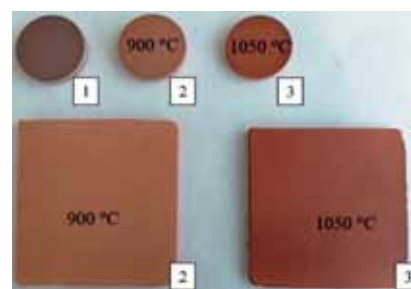


Рис. 7. Керамическая плитка из ССМ.

ния свойств изделия. Ученые разработали мелкодисперсные порошки, состоящие из нескольких элементов для противокоррозионной обработки деталей. К примеру, в основе одного из материалов – железо с углеродом, к которому добавлены хром и никель. В проекте участвуют НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», САФУ, АО «НИПТБ „Онега“», АО центр судоремонта «Звездочка». Развивается в том числе внедрение технологий электронно-лучевых, лазерно-дуговых методов сварки корпусных деталей на ПО «Севмаш».

Еще одна разработка – робот для подводных и надводных исследований (рис. 8). При поддержке НОЦ «Российская Арктика» специалисты

Акционерного общества «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро „Онега“» разработали уникального робота, который позволяет исследовать труднодоступные места и получать из них необходимые данные. Прибор предназначен для судостроения. Он оборудован колесами на телескопических «ножках», которые могут подстраиваться под размер трубы. Комплекс оснащен видеокамерами и лазерными дальномерами для сбора информации. Данные передаются по Wi-Fi в центр обработки, где создается 3D-модель внутреннего пространства. Проект вели более трех лет. Сейчас прибор проходит проверку как средство измерения. Кроме этого, на него уже есть конкретный заказ от предприятий. Аналогов этой разработке нет ни в России, ни в мире [19].

Несколько лет реализуется на базе Центра развития компетенций НОЦ программа по 3D-проектированию, реинжинирингу и по аддитивному производству. Формируются проектные команды из технологов, исследователей, которые получают практические навыки для скорейшего внедрения новых компетенций на предприятиях.

Среди основных направлений работы, имеющих эффект для экономики Арктического региона: разработка комплектующих по технологии реверс-инжиниринга, эковаты из макулатуры тетрапак, использование строительных изделий из серных композитов (рис. 9). Изучен альтернативный способ получения отбеливающих химических реагентов для бесперебойного производства белевой целлюлозы и бумаги.

В области машиностроения для целлюлозно-бумажной промышленности проектируются обвязочные машины, которым нет аналогов, и котел для варки целлюлозы. Данный вид промышленности – еще одно из приоритетных направлений НОЦ. Среди партнеров центра есть такие промышленные гиганты, как Архангельский целлюлозно-бумаж-

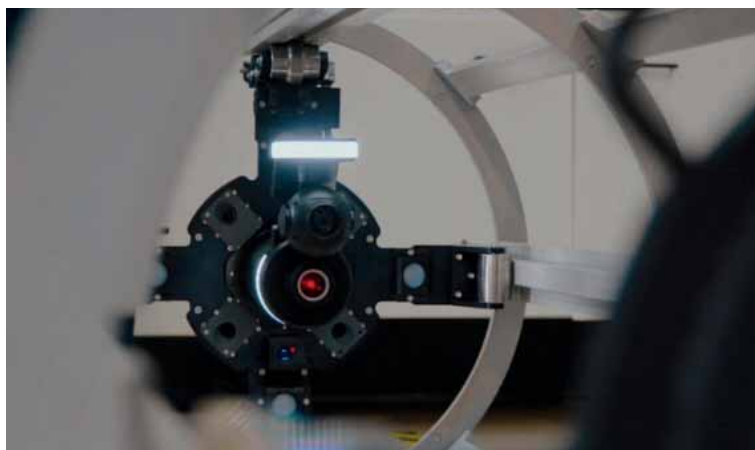


Рис. 8. Робот для подводных и надводных исследований.



Рис. 9. Деталь, выполненная с технологией реверс-инжиниринга.



Рис. 10. Производство ООО «Торин».

ный комбинат (далее – АЦБК), Группа компаний «Титан», в том числе небольшие инновационные компании вроде ООО «Торин» (рис. 10). Недавно компания предложила запустить производство обвязочных машин, которые активно используют в этой сфере. Российских аналогов таким приборам на сегодня нет, есть только западные или китайские.

При этом машины востребованы. Для решения этой задачи в НОЦ подключили реверс-инжиниринг и сейчас составляют техническую документацию.

В части обеспечения жизнедеятельности человека в Арктике выпущены медицинские изделия с хитозаном и коллагеном, способствующие более быстрому заживлению повреждений кожи, ожогов. Еще один перспективный проект связан с выпуском продукции переработки северного оленеводства.

Еще один важный проект – напиток для здоровья северян. Как известно, жителям Арктики катастрофически не хватает солнца и витаминов, которые в других регионах люди круглый год получают из свежих овощей и фруктов. Чтобы поддержать иммунитет и здоровье северян, ученые вместе с предприятиями разработали инновационный кисломолочный продукт «Ламина Баланс» (Lamina Balance) на основе ацидофилина и водорослей, который содержит витамины D, A, B12 и йод (рис. 11). Напиток протестировали среди работников вредных производств, где продукт показал отличные результаты. Уже сейчас его можно найти на полках магазинов Архангельска, Северодвинска и Новодвинска. В будущем его планируют выдавать сотрудникам АЦБК для



Рис. 11. Продукт «Ламина Баланс».



Рис. 12. «Арктик-Трофи».

профилактики различных заболеваний.

Также стоит отметить еще одну разработку в сфере питания. В начале июля в Архангельске представили новый инновационный продукт профилактического питания «Арктик-Трофи», который разрабатывался при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» (рис. 12). Введение «Арктик-Трофи» в рацион сотрудников позволит повысить эффективность труда в связи с такими свойствами продукта, как:

- повышение внимательности и самоконтроля;
- повышение работоспособности и выносливости;
- снижение усталости и мрачных мыслей;
- повышение адаптивных возможностей тела;
- улучшение качества сна, что позволит лучше отдохнуть в ночное время;
- благотворное влияние на общее состояние организма.

Заключение

Для освоения месторождений с учетом их удаленности и энергозатратности процессов нужны решения в области атомной энергетики (например, сеть плавучих атомных электростанций) для арктического шельфа, архипелагов и прибрежных территорий, на материковой части – развитие системы газопроводов. Альтернативная энергетика тоже может быть востребована для малых поселений.

Направление – «транспорт» нужно понимать широко. Это и современные решения в части создания нового железнодорожного транспорта, развитие судостроения (очень нужна новая гражданская судоверфь на Белом море) для строительства судов ледового класса с разнообразным функционалом: рыбаков, сухогрузов, танкеров. Сюда же можно отнести и

развитие портовой инфраструктуры. Необходимо развивать имеющиеся порты и строить новые. Например, напрашивается связка: строительство глубоководного порта Архангельск на Белом море, рядом производственные площадки для разного уровня передела привозимой продукции и грузов, строительство причальной стенки на Новой Земле с возможностью бункеровки нефтепродуктов, добываемых в Западной Сибири, и на арктическом шельфе с последующей перевалкой заказчикам по всему миру. Аналогичную операцию могут выполнять рыбаки. С созданием порта на Новой Земле можно вернуться к планам по освоению Павловского месторождения. Это только один пример, таких связок можно найти много. Здесь, в Арктике, возрастает роль науки. В целом сама Арктика является уникальной мегалабораторией, в которой можно

испытывать новые технологии, материалы в экстремальных условиях. То, что выдержало эти условия, будет работать везде. Этим объясняется такой интерес ученых всего мира к исследованиям здесь. Но важно этот интерес повернуть в практическое русло. Этим, в частности, занимается научно-образовательный центр мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования». Все проекты НОЦ направлены на достижение Российской Федерацией технологического суверенитета в Арктической зоне РФ.

В ближайшее время нас ожидает еще большая перезагрузка, потому что мы сейчас пишем программу деятельности на 2025–2030 годы. Основной акцент оставляем на прежних направлениях. НОЦ будет активнее развивать проекты, связанные с использованием беспилотных систем, авиационных и морских средств. Также проекты с цифровыми технологиями, биотехнологиями, сотрудничество с добывающими предприятиями. При этом деятельность НОЦ тесно коррелирует с планами строительства кампуса мирового уровня «Арктическая звезда», где студенты, преподаватели и исследователи САФУ, ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, в том числе ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России», должны объединить усилия для новых идей, исследований и разработок для внедрения их в Арктике.

Литература

1. Индикаторы инновационной деятельности: статистический сборник / В.В. Власова, Л.М. Гохберг, Г.А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2022. – 292 с.
2. М.К. Есеев
Деловой журнал *Neftegaz.RU.*, 2019, 8(92), С. 62–64.
3. М.К. Есеев
Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. 2021, 2(6), С. 92–97.
4. D. Makarov, M. Eseev, E. Gusarevich, V. Matveev, K. Makarova, M. Boriwsov
Crystals, 2024, 14, 193. DOI: 10.3390/cryst14020193.
5. D. Makarov, K. Makarova, Yu. Tsikareva, S. Kapustin, A. Kharlamova, E. Gusarevich, A. Goshev
Nanomaterials, 2022, 12, 4030. DOI: 10.3390/nano12224030.
6. M. Eseev, I. Kuziv, A. Kostin, I. Meshkov, A. Sidorin, O. Orlov
Materials, 2023, 16, 203. DOI: 10.3390/ma16010203.
7. M. Eseev, K. Makarova, D. Makarov
Crystals, 2022, 12, 1417. DOI: 10.3390/cryst12101417.
8. I.D. Breev, Z. Shang, A.V. Poshakinskiy, H. Singh, Y. Berencén, M. Hollenbach, S.S. Nagalyuk, E.N. Mokhov, R.A. Babunts, P.G. Baranov, D. Suter, S.A. Tarasenko, G. Astakhov, A.N. Anisimov
npj Quantum Inf 8, 23 (2022). DOI: 10.1038/s41534-022-00534-2.
9. А.М. Айзеништадт, М.В. Морозова, М.А. Фролова, В.Е. Данилов, Т.А. Дроздюк, А.М. Тюрин
Экология и промышленность России, 2024, 28(7). С. 20–25. DOI: 10.18412/1816-0395-2024-7-20-25.
10. Патент № 2780569 Российская Федерация, С1. Способ очистки оборотной воды горнодобывающей промышленности от сапонитсодержащего материала и песка / Малыгина М.А., Айзеништадт А.М., Данилов В.Е., Пожилов М.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» (САФУ). – № 2021133795; заявл. 19.11.21; опубл. 27.09.2022, Бюл. № 27.
11. Патент № 2808870 Российская Федерация, С1. Реагент для осветления глинистой суспензии / Хабаров Ю.Г., Вешняков В.А., Вяткин Н.А., Айзеништадт А.М., заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» (САФУ). – № 2023126239; заявл. 13.10.2023; опубл. 15.12.2023, Бюл. № 34.
12. Патент № 2810425 Российской Федерации, С1. Способ осветления сапонитовой глинистой суспензии / Иванов И.Н., Самофалов В.Ю., Тюрин А.М., Коленченко В.В., Хабаров Ю.Г., Вешняков В.А., Фролов А.А., Фролова М.А., заявитель и патентообладатель Акционерное общество «Севералмаз» (АО «Севералмаз»). – 2023121445; заявл. 16.08.2023; опубл. 27.12.2023, Бюл. № 36.
13. В.Е. Данилов, А.М. Айзеништадт, Т.А. Дроздюк, М.А. Фролова, Г.А. Гарамов
Физика и химия обработки материалов, 2024, 2, С. 36–46. DOI: 10.30791/0015-3214-2024-2-36-46.
14. А.М. Айзеништадт, Е.В. Королев, М.А. Малыгина, Т.А. Дроздюк, М.А. Фролова
Физика и химия обработки материалов, 2023, 1, С. 56–63. DOI: 10.30791/0015-3214-2023-1-56-63.
15. А.М. Айзеништадт, В.В. Строкова, В.В. Нелюбова, М.А. Малыгина, М.А. Фролова
Физика и химия обработки материалов, 2024, 1, С. 53–64. DOI: 10.30791/0015-3214-2024-1-53-64.
16. A.V. Faleva, N.V. Ul'yanovskii, A.A. Onuchina, D.I. Falev, D.S. Kosyakov
Metabolites, 2023, 13, 598. DOI: 10.3390/metabo13050598.
17. A.V. Faleva, N.V. Ul'yanovskii, D.I. Falev, A.A. Onuchina, N.A. Budaev, D.S. Kosyakov
Metabolites, 2022, 12, 974. DOI: 10.3390/metabo12100974.
18. A.V. Faleva, D.I. Falev, A.A. Onuchina, N.V. Ulyanovskii, D.S. Kosyakov
Phytochem. Anal., 2024. Published on-line. DOI: 10.1002/pca.3443.
19. Регион 29, Ученые Поморья тестируют робота для проверки состояния труб URL: <https://region29.ru/2024/04/30/662f7c27b02789a5ff48cdc2.html>.

English

Marat K. Eseev

Professor, Rectorate of the Northern (Arctic) Federal University
named after M.V. Lomonosov
17, Northern Dvina embankment, Arkhangelsk, 163002, Russia
m.eseev@narfu.ru

Denis V. Lukashev

Directorate of the world-class scientific and educational center
“Russian Arctic”: new materials, technologies
and research methods
54, build. 1, Northern Dvina embankment, Arkhangelsk,
163000, Russia
d.lukashev@narfu.ru

Results of the work of the Scientific and Educational Center “Russian Arctic”: new materials, technologies and research methods

In the modern world, where globalization and scientific and technological progress are developing at an incredible speed, Russia strives to strengthen its scientific potential and maintain competitiveness in the world arena. In this regard, the activities of world-class scientific and educational centers (SEC) in the Russian Federation are of particular relevance.

This paper analyzes the relevance of the functioning of RECs in Russia, with an emphasis on research in the Arctic. The Arctic region is a strategically important area for scientific research, as it has enormous potential in the field of natural resources, climate change and geopolitics.

The relevance of this work is due to the need to ensure sustainable development of Russia in the context of global challenges and competition in the world market. The results of the study can be used to develop strategies and programs for the development of the scientific and educational sphere, as well as to improve the effectiveness of research in the Arctic region.

Keywords: Arctic, technologies, research, ecology, innovations, modeling, materials, diamonds.

Images



Fig. 1. Youth Laboratory

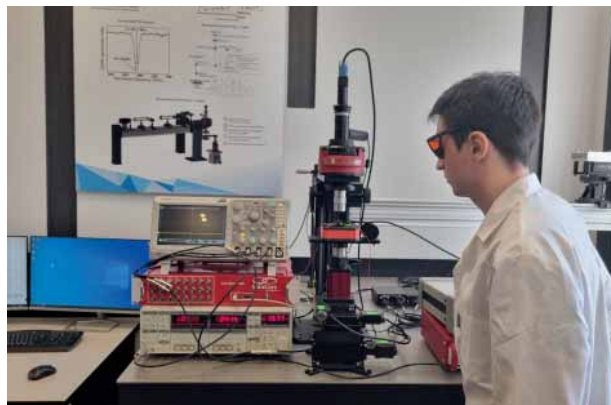


Fig. 2. Diamond Research.



Fig. 3. Layout of the tailings storage facility at the M.V. Lomonosov diamond deposit (satellite view)

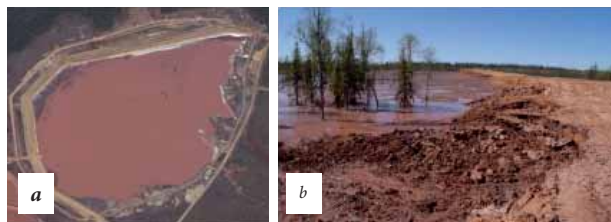


Fig. 4. Tailings storage facility of the experimental and industrial site of the Arkhangelskaya tube (a – satellite view; b – photo of the beach area)



Fig. 5. Concrete sample with SSM additiv



Fig. 6. Saponite-basalt structural and thermal insulation composite

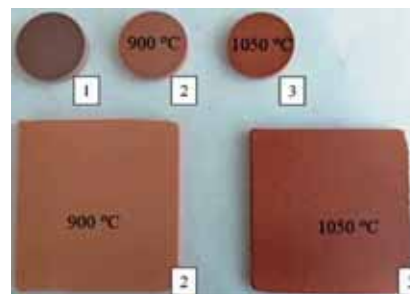


Fig. 7. Ceramic tiles

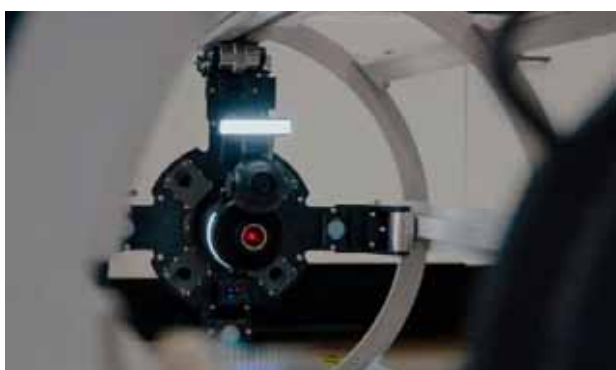


Fig. 8. Robot for underwater and surface research



Fig. 9. A part made using reverse engineering technology



Fig. 10. Production of ООО «Torin»



Fig. 11. Laminabланс product



Fig. 12. ARCTIC TROPHY

References

1. *Indikatory innovacionnoj deyatel'nosti: 2022 : statisticheskij sbornik / V. V. Vlasova, L. M. Gohberg, G. A. Gracheva i dr.; Nac. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». – M.: NIU VShE, 2022. – 292 s. (in Russian).*
2. **M.K. Eseev**
Neftegaz.RU., 2019, 8(92), pp. 62–64. (In Russian)
3. **M.K. Eseev**
Arctic 2035: current issues, problems, solutions, 2021, 2(6), pp. 92–97. (In Russian)
4. **D. Makarov, M. Eseev, E. Gusarevich, V. Matveev, K. Makarova, M. Boriwsov**
Crystals, 2024, 14, 193. DOI: 10.3390/cryst14020193.
5. **D. Makarov, K. Makarova, Yu. Tsikareva, S. Kapustin, A. Kharlamova, E. Gusarevich, A. Goshev**
Nanomaterials, 2022, 12, 4030. DOI: 10.3390/nano12224030.
6. **M. Eseev, I. Kuziv, A. Kostin, I. Meshkov, A. Sidorin, O. Orlov**
Materials, 2023, 16, 203. DOI: 10.3390/ma16010203.
7. **M. Eseev, K. Makarova, D. Makarov**
Crystals, 2022, 12, 1417. DOI: 10.3390/cryst12101417.
8. **I.D. Breev, Z. Shang, A.V. Poshakinskiy, H. Singh, Y. Berencén, M. Hollenbach, S.S. Nagalyuk, E.N. Mokhov, R.A. Babunts, P.G. Baranov, D. Suter, S.A. Tarasenko, G. Astakhov, A.N. Anisimov**
npj Quantum Inf 8, 23 (2022). DOI: 10.1038/s41534-022-00534-2.
9. **A.M. Ajzenshtadt, M.V. Morozova, M.A. Frolova, V.E. Danilov, T.A. Drozdnyuk, A.M. Tyurin**
Ecology and industry of Russia, 2024, 28(7), pp. 20–25. DOI: 10.18412/1816-0395-2024-7-20-25. (In Russian).
10. Patent № 2780569 Rossijskaya Federaciya, C1. Sposob ochistki oborotnoj vodygnodobyvayushchej promyshlennosti ot saponitsoderzhashchego materiala i peska / Malygina M.A., Ajzenshtadt A.M., Danilov V.E., Pozhilov M.A.; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Severnyj (Arkticheskij) federal'nyj universitet imeni M. V. Lomonosova» (SAFU). – № 2021133795; zayavl. 19.11.21; opubl. 27.09.2022, Byul. № 27. (In Russian).
11. Patent № 2808870 Rossijskaya Federaciya, C1. Reagent dlya osvetleniya glinistoj suspenzii / Habarov Yu.G., Veshnyakov V.A., Vyatkin N.A., Ajzenshtadt A.M., zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Severnyj (Arkticheskij) federal'nyj universitet imeni M. V. Lomonosova» (SAFU). – № 2023126239; zayavl. 13.10.2023; opubl. 15.12.2023, Byul. № 34. (In Russian).
12. Patent № 2810425 Rossijskoj Federacii, S1. Sposob osvetleniya saponitovoj glinistoj suspenzii/ Ivanov I.N., Samofalov V.Yu., Tyurin A.M., Kolenchenko V.V., Habarov Yu.G., Veshnyakov V.A., Frolov A.A., Frolova M.A., zayavitel' i patentoobladatel' Akcionernoe obshchestvo «Severalmaz» (AO «Severalmaz»). – 2023121445; zayavl. 16.08.2023; opubl. 27.12.2023, Byul. № 36. (In Russian).
13. **V.E. Danilov, A.M. Ajzenshtadt, T.A. Drozdnyuk, M.A. Frolova, G.A. Garamov**
Fizika i himiya obrabotki materialov, 2024, 2, pp. 36–46. DOI: 10.30791/0015-3214-2024-2-36-46. (In Russian)
14. **A.M. Ajzenshtadt, E.V. Korolev, M.A. Malygina, T.A. Drozdnyuk, M.A. Frolova**
Fizika i himiya obrabotki materialov, 2023, 1, pp. 56–63. DOI: 10.30791/0015-3214-2023-1-56-63.
15. **A.M. Ajzenshtadt, V.V. Strokova, V.V. Nelyubova, M.A. Malygina, M.A. Frolova**
Fizika i himiya obrabotki materialov. 2024, 1, pp. 53–64. DOI: 10.30791/0015-3214-2024-1-53-64
16. **A.V. Faleva, N.V. Ulyanovskii, A.A. Onuchina, D.I. Falev, D.S. Kosyakov**
Metabolites, 2023, 13, 598. DOI: 10.3390/metabo13050598.
17. **A.V. Faleva, N.V. Ulyanovskii, D.I. Falev, A.A. Onuchina, N.A. Budaev, D.S. Kosyakov**
Metabolites, 2022, 12, 974. DOI: 10.3390/metabo12100974.
18. **A.V. Faleva, D.I. Falev, A.A. Onuchina, N.V. Ulyanovskii, D.S. Kosyakov**
Phytochem. Anal., 2024. Published on-line. DOI: 10.1002/pca.3443.
19. Region 29, Uchenye Pomor'ya testiruyut robota dlya proverki sostoyaniya trub. URL: <https://region29.ru/2024/04/30/662f7c27b02789a5ff48cdc2.html>. (In Russian).