

Российская Академия Наук

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

1/2010



- Естественные и технические науки
- Кольский Север - проблемы и решения
- Наука - производству
- Территория науки
- Конференции, семинары
- Новые книги
- Официальный отдел

1/2010

издается с декабря 2009 года
ISBN 978-5-91137-140-4

Российская Академия Наук

ВЕЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

Главный редактор - академик В.Т. Калинин
Заместители главного редактора
д.г.-м.н. В.П. Петров,
к.г.-м.н. В.А. Припачкин (руководитель редакции)

Редакционный совет
академик Г.Г. Матишов., академик Н.Н. Мельников,
академик Ф.П. Митрофанов, чл.-корр. В.К.Жиров,
чл.-корр. А.И. Николаев, д.г.-м.н. Ю.Л. Войтеховский,
д.т.н. Б.В. Ефимов, д.э.н. Ф.Д. Ларичкин,
д.т.н. В.А. Маслобоев, д.т.н. В.А. Путилов,
д.ф.-м.н. Е.Д. Терещенко,
к.г.-м.н. А.Н. Виноградов (ответственный секретарь)

184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, д.14.
Кольский научный центр, редакция журнала 'Вестник Кольского научного центра РАН'
Тел.(81555)79226. Факс (81555)76425

УДК 622.7:622'17

ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**А.Ш. Гершенков, М.С. Хохуля, Т.Н. Мухина**
Горный институт КНЦ РАН**Аннотация**

Мурманская область отличается развитой горной промышленностью. Здесь работают комбинаты, эксплуатирующие: медно-никелевые, апатит-нефелиновые, апатит-магнетитовые, железные, слюдяные руды и руды редких металлов; накоплено несколько млрд тонн отходов, заскладированных в действующих и законсервированных хвостохранилищах. Помимо этого, существуют отвалы вскрышных пород. Такое положение создает гигантские техногенные месторождения, где складировано уже добытое горное сырье, большей частью прошедшее стадию рудоподготовки. Показаны возможности получения различных концентратов из техногенного сырья действующих горных предприятий и направления их использования.

Ключевые слова:

техногенное сырье, обогащение, комплексное использование, флотация, гравитация, магнитная и электрическая сепарации, концентраты, использование.

Проблемы горнопромышленных регионов – это, прежде всего, проблемы отходов, служащих причиной возникновения неблагоприятных в экологическом отношении ситуаций. Основные факторы, влияющие на окружающую среду при складировании отходов: большие площади земной поверхности, используемые для их размещения, выбросы вредных веществ в атмосферу, сбросы в поверхностные и подземные водоемы, пыление, потенциальные и потребительские свойства. В то же время отходы горно-обогатительного производства являются техногенными месторождениями (хвостохранилища ОАО «Ковдорский ГОК», которые уже вовлекаются в эксплуатацию, хвостохранилища ОАО «Апатит», которые можно рассматривать как источник нефелина, сфена, титаномагнетита и эгирина с дополнительным извлечением апатита, отвалы слюдяных предприятий, которые становятся основным источником для извлечения слюдяного сырья и т.д.). В целях уменьшения нагрузки на природную среду и улучшения экологической обстановки в районе производства горных работ и промышленного освоения отходов – техногенных месторождений необходима разработка общей стратегии управления отходами. Этой цели должны служить комплексные системные научно-исследовательские работы по анализу состояния отходов горнопромышленных производств, динамике изменения их объемов, технической и экологической опасности, а также определению способов переработки и утилизации, оценки перспектив использования в промышленности сырья из техногенных месторождений.

В Мурманской области значительно развита горная промышленность, где работают комбинаты, эксплуатирующие медно-никелевые, апатитнефелиновые, апатитомагнетитовые, железные, слюдяные руды и руды редких металлов, и накоплено несколько млрд тонн заскладированного в действующих и законсервированных хвостохранилищах. Помимо этого существуют отвалы вскрышных пород. Все это создает гигантские техногенные месторождения, где складировано уже добытое горное сырье большей частью прошедшее стадию рудоподготовки. Целью выполненных работ было изучение возможности использования этих техногенных месторождений как дополнительного источника целого ряда ценных компонентов, пригодных к использованию в промышленности. При освоении этих месторождений вопросы комплексного использования должны выступать на первый план, учитывая, что в недалеком прошлом большинство горных предприятий являлись производителями монопродукта. Рассмотрим возможность использования техногенных месторождений на примере отдельных предприятий горнопромышленного комплекса.

Апатитнефелиновые месторождения эксплуатируются ОАО «Апатит» с 1931 г. Среднее содержание P_2O_5 в рудах изменялось в сторону уменьшения: 30% – в период начала освоения, 12-13% – в настоящее время. Хвосты обогатительной фабрики, технологическая схема которой непрерывно совершенствовалась, вначале сбрасывались в р. Белая и накапливались у ее излучины, а основная часть выносилась в Сейдозеро и

попадала в оз. Имандра. Таким образом, первым доступным техногенным месторождением ОАО «Апатит» можно считать накопление хвостов у излучины р. Белой. Второе законсервированное хвостохранилище, представляющее уже промышленный интерес как возможный источник нефелина, сфена, титаномагнетита и эгирина, можно считать хвостохранилище в районе г. Кировск, у 13 км автомобильной дороги между городами Апатиты и Кировск. Небольшое хвостохранилище находится в промышленной зоне у Апатитской ТЭЦ. Оно образовано в 1963-1964 гг. в период пуска АНОФ-2 и представляет только технологический интерес как месторождение, подверженное влиянию газовых выбросов с Апатитской ТЭЦ.

Эти три хвостохранилища интересны с точки зрения временного фактора и условий их хранения.

Помимо вышеуказанных имеются еще два самых крупных хвостохранилища: район п. Титан и Сейдозеро вместе с губой р. Белой. Эти хвостохранилища являются действующими. Первое из них (бывшее хвостохранилище АНОФ-1) служит для АНОФ-3, а во второе в настоящее время складированы хвосты АНОФ-2. Жидкая фаза хвостохранилищ служит оборотной водой для этих обогатительных фабрик. Для оценки обогатимости техногенных месторождений были отобраны пробы у излучины р. Белой, характеризующие хвосты 1930-1940-х гг., в районе промышленной площадки у Апатитской ТЭЦ и из законсервированного хвостохранилища, где накапливались хвосты при работе АНОФ-1 в период со второй половины 1950-х гг. по 1963 г. Наиболее подвержены атмосферным воздействиям хвосты в районе промышленной площадки. Действующие хвостохранилища удалены от промышленных районов, и хвосты, складированные здесь, должны обогащаться лучше по отношению к рассматриваемым хвостохранилищам, учитывая временной фактор и их расположение.

По минералогическому составу все пробы практически одинаковы: их характеризует уменьшенный выход мелких фракций (класс крупности менее 0.071 мм) и более высокое содержание материала крупнее 0.16 мм. В пробе, характеризующей хвосты АНОФ-2, расположенные в районе промплощадки, можно отметить новые образования в виде шариков, содержащих 18% Al_2O_3 , SiO_2 , а также большое количество вторичных по нефелину минералов.

Проведенные технологические исследования продемонстрировали возможность получения из всех проб хвостов рассматриваемых хвостохранилищ качественных концентратов: апатитового, нефелинового, сфенового, эгиринового и титаномагнетитового. Дополнительно были исследованы отвалы вскрышных пород, представленных ийолит-уртитам. Из пробы, характеризующей эти породы, были также получены по одинаковой технологии все вышеуказанные концентраты. Технологическая оценка включала доизмельчение, флотацию апатита, обесшламливание, обратную флотацию нефелина, три перечистки пенного продукта без рециклов и магнитную сепарацию пенного продукта III перечистки в поле с высокой напряженностью для отделения пироксенов.

По данной технологии из всех исследованных проб получены качественные апатитовые концентраты содержанием 39.4% P_2O_5 при извлечении 78-52%, причем наибольшее извлечение достигнуто при исследованиях пробы хвостов 1930-1940-х гг., что связано с переработкой более богатых руд. Содержание P_2O_5 в этой пробе составляло около 3%, в пробе начала 1960-х гг. (промышленный район) содержание P_2O_5 составляло 1.42%, а в пробе 1950-1963 гг. – 2.5%. Можно отметить, что по апатиту лучше всего обогащаются хвосты 1930-1940-х гг.

Из хвостов апатитовой флотации, осуществленной при обогащении отходов, после классификации и доизмельчения крупной фракции (+0.16 мм), их обесшламливания, обратной флотации нефелина выделялся нефелиновый концентрат. Пенный продукт после трех перечисток представлял собой коллективный концентрат, из которого магнитной сепарацией в слабом и сильном поле выделялись титаномагнетитовый и эгириновый концентраты. Немагнитный продукт представлял собой сфеновый концентрат. По нефелиновому циклу лучшие показатели обогащения получены из пробы хвостов 1950-1963 гг., а худшие – из хвостов 1930-1940-х гг., что связано с вымыванием мелких фракций в хвостохранилище, расположенном у излучины р. Белой.

Сфеновый, титаномагнетитовый и эгириновый концентраты выделены из всех проб приблизительно с одинаковыми показателями.

Проведенные исследования показали возможность комплексной переработки хвостов апатитовой флотации. Причем следует отметить, что временной фактор здесь играет второстепенную роль, а на первое место выступают условия хранения отходов.

Переработка вскрышных пород позволила получить более высокие технологические показатели по всем концентратам.

Рассматривая складированные отходы ГМК «Печенганикель», принадлежащие Кольской горнометаллургической компании, можно отметить три вида твердых отходов: вскрышные породы, хвосты обогащения и металлургические шлаки.

Вскрышные породы – блочные пироксениты используются для производства изделий из камня. На подземных рудниках утилизируются в составе твердеющей закладки до 40 тыс. м³/год и до 75 тыс. т/год шлаков. Введена установка по переработке шлака в материал для пескоструйных аппаратов производительностью 20-25 тыс. т/год. Шлаки также применяются для строительных работ. Хвосты обогащения руды используются для производства керамики с высокой прочностью, низкой истираемостью.

Исследования по использованию горно-металлургических отходов целесообразно рассматривать с точки зрения экологии и экономики первичных минерально-сырьевых ресурсов. При этом приоритетными направлениями отходов являются:

- получение из них дополнительных минеральных ресурсов;
- переработка в строительные и технические материалы без значительных капитальных затрат;
- нейтрализация, утилизация экологически опасных продуктов.

Рекомендуется продолжить технологические исследования производства талькового концентрата при обогащении $Cu - Ni$ руд, вовлечения в переработку складированных забалансовых руд с получением двух видов сортов $Cu - Ni$ концентратов с содержанием 6-8% и 1.5-2.5 Ni .

Ковдорское месторождение комплексных бадделеит-апатит-магнетитовых руд разрабатывает открытым способом ОАО «Ковдорский ГОК» и производит переработку руды на магнитно-обогатительной фабрике (МОФ) и апатито-бадделеитовой обогатительной фабрике (АБОФ). Основной продукцией предприятия являются железорудный, апатитовый и бадделеитовый концентраты, получаемые из комплексных руд Ковдорского месторождения.

На Кольском п-ове работают два железорудных комбината: ОАО «Ковдорский ГОК» и ОАО «Олкон».

- ОАО «Ковдорский ГОК» перерабатывает комплексные железосодержащие руды, где помимо магнетита присутствуют апатит, бадделеит, кальцит и форстерит. В настоящее время извлекается магнетит, апатит и бадделеит. Хвосты обогащения сосредоточены в двух хвостохранилищах. В хвостохранилище № 1 (1-е поле) накоплены хвосты мокрой магнитной сепарации (ММС) за период, когда выпускался только железорудный концентрат. С 1994 г. организовано производство по переработке хвостов ММС. Потенциальные запасы хвостов для переработки на апатито-бадделеитовой фабрике (АБОФ) составляли на начало их разработки 64.2 млн т. В хвостохранилище № 2 (2-е поле) поступают хвосты АБОФ после извлечения апатитового и бадделеитового концентратов.

Помимо вышеуказанных хвостов, складированы хвосты сухой магнитной сепарации (СМС) мелкодробленой руды (-25мм) в количестве 18.3 млн т. за период работы фабрики с 1963 по 1975 гг. Значительная их часть израсходована на строительные нужды. Оставшаяся часть засорена строительным мусором, древесиной, металлоотходами, пустыми породами, т.е. безвозвратно потеряна.

На первом этапе освоения отходов в переработку вовлекли хвосты СМС. В этот период подавалась смесь этих хвостов и руды текущей добычи. Исходя из необходимого соотношения хвостов и руды, хвосты СМС в течение 2 часов в смену подавали из приемного бункера в бункер одной из секций измельчения при производительности около 200 т/час. В остальное время (около 6 часов в смену) принимали и дробили руду из карьера с распределением мелкодробленой руды по бункерам других секций измельчения. Смесь хвостов ММС поступала на выделение апатита и бадделеита.

Учитывая положительные результаты использования хвостов СМС, комбинат с 1995 г. приступил к реализации проекта добычи и обогащения хвостов ММС 1-го поля хвостохранилища, уложенных в период с 1967 г. по 1980 г. Впервые интерес к повторному использованию отходов в качестве дополнительного сырья для получения апатитового концентрата возник в 1976 г. В это время были утверждены запасы хвостов. При их флотации после доизмельчения до 45-60% класса - 0.074 мм получен апатитовый концентрат содержанием 36% P_2O_5 и 3% MgO при извлечении 54%, что на 8% ниже, чем на действующей АБОФ.

В настоящее время обогащение хвостов ММС и руды основного производства организовано по отдельной схеме: примерно 2/3 месяца подают руду из карьера, а 1/3 месяца обогащают хвосты ММС с выделением апатитового и бадделеитового концентратов.

Вовлечение в переработку лежалых хвостов позволило предотвратить резкое снижение выпуска апатитового концентрата, а выпуск бадделеитового концентрата увеличить в 1.9 раза.

При повторной переработке отходов горно-обогатительного комплекса возможно получение следующих дополнительных продуктов:

1. Получение кондиционного апатитового концентрата (осуществляется в настоящее время).
2. Получение кондиционного бадделеитового концентрата (осуществляется в настоящее время).
3. Получение магнийсодержащего продукта (форстеритового концентрата) с содержанием MgO до 50%, который может быть использован в качестве сырья для приготовления огнеупорных смесей, а также в качестве сырья для производства магнийсодержащих химических удобрений (перспектива).
4. Получение продукта, содержащего мелкозернистую слюду – флогопит (перспектива).

Технологии обогащения форстеритового и слюдяного концентратов разработаны с использованием флотации и гравитационных способов обогащения.

- Добываемые ОАО «Олкон» руды имеют следующие разновидности: кварц-магнетитовые, термолито-актинолито-магнетитовые, гематито-магнетитовые, а также пироксено-амфиболо-магнетитовые, гранато-амфиболо-магнетитовые и слюдяно-амфиболо-магнетитовые, карбонатно-амфиболо-магнетитовые.

Средний минеральный состав руд, %: магнетит – 17-18; гематит – 1.3-22.3; пирит и пирроатин – 0.3; кварц – 21.0-61.0; пироксены – 14; амфиболы – 2.0; слюда – 5.0; полевые шпаты – 30.

Отходы при добыче и обогащении руды включают: вскрышные и вмещающие породы при добыче руды, хвосты сухой магнитной сепарации, хвосты магнитного и гравитационного обогащения измельченной руды.

Вскрышные породы мало используются, их небольшая часть применяется для производства щебня, объемы которого зависят от рынка сбыта. Годовой объем вскрышных пород составляет 20-22 млн т, из которых для производства щебня расходуются 1.4-2.0 млн т.

Из ежегодно получаемых 6.5 млн т хвостов обогащения использовались только 22 тыс. т для производства силикатного кирпича.

Технологические исследования позволили разработать схему выделения железных продуктов с использованием магнитной сепарации и гравитации с получением силикатного продукта и железного концентрата с содержанием железа более 60% и его извлечением 50% и выходом 10% от используемых хвостов. Обезжелезненные хвосты содержали 85,6% SiO_2 ; 2,8% Al_2O_3 ; 3,9% Fe; 1,6% CaO; 2,8% MgO и S, P_2O_5 и MnO в подчиненном количестве. Проведенные испытания показали, что из обезжелезненных хвостов получается кирпич прочностью в 1.7 раза выше и весом на 11% меньше, чем кирпич из исходных хвостов.

В результате проведенных технологических исследований установлено, что кварцсодержащие отходы обогащения железной руды могут использоваться для производства: строительных растворов марок 50, 75, 100 и 150; бетона марки 400; жестких цементно-песчаных смесей по вибропрессовой технологии, включая изготовление тротуарных плит, поребриков, элементов градостроительной архитектуры.

Однако непостоянство состава хвостов мокрого обогащения руды, повышенное содержание окислов железа, пироксенов и амфиболов оказывают отрицательное влияние на физико-механические свойства материалов для стройиндустрии.

На Кольском п-ове работает один из крупнейших комбинатов России по добыче и обогащению слюдяных руд, эксплуатируя в недалеком прошлом мусковитовые, флогопитовые и вермикулитовые месторождения. Флогопитовые и вермикулитовые месторождения являются крупнейшими в мире. Учитывая специфику перерабатываемых руд и требования к слюдяной продукции, использовалась слюда крупнее 20 мм. Исключение составляют вермикулитовые руды, которые являются вскрышными породами для флогопитовых руд при их отработке открытым способом.

За годы эксплуатации слюдяных рудников накоплены гигантские отвалы отходов, которые содержат практически пустую крупнокусковую породу и мелкозернистую руду (мельче 20 мм), где содержание слюды значительно превышает содержание флогопита и мусковита в рудах крупностью более 10 мм. Учитывая потребность промышленности в сырье для производства молотых слюд и вывод из эксплуатации слюдяных рудников, возобновить работу которых без значительных капитальных затрат невозможно, на наш взгляд важное значение приобретают отвалы, созданные за годы работы слюдяных рудников. Поэтому технология переработки мелкозернистых слюдяных руд приобретает первостепенное значение. По масштабам слюдяной отрасли в отвалах накоплены гигантские запасы мелкозернистых слюд.

Технология их извлечения включает выделение концентрата крупностью менее 20 и крупнее 10 мм на щелевом сепараторе. Подготовку руды крупностью менее 10 мм к обогащению,

классификацию на машинные классы, обогащение классифицированной руды на гидравлических сепараторах крупностью до 0.7-0.5 мм, и концентрацию на столах руды крупностью менее 0.7 и крупностью менее 0.2 мм. По такой технологии могут обогащаться мелкоразмерные мусковитовые и флогопитовые руды. Она может быть использована и для обогащения вермикулитовых руд, где основная масса вермикулита находится в материале крупностью менее 20 мм.

Качество мусковитовых и флогопитовых концентратов здесь получается на уровне 100% при извлечении более 80% от материала крупнее 0.2 мм, а с учетом потерь слюды, содержащейся в руде крупностью менее 0.2 мм, более 60%. Для руды этой крупности разработана технологическая схема с использованием флотации. Однако по экологическим причинам вовлечение в переработку флотацией такой руды отходит на второй план. Рекомендуемая технология прошла неоднократную опытно-промышленную проверку, где подтверждены данные лабораторных исследований на рудах Карелии и Кольского п-ова. Для ее реализации создана техническая документация на изготовление щелевых и гидравлических сепараторов, барабанных грохотов, которые прошли проверку на фабриках по обогащению слюд.

Хвосты, накопленные в хвостохранилищах при обогащении вермикулитовых руд, содержат более 6% вермикулита. Исследования их обогатимости, проведенные в лабораторных условиях, позволили разработать технологию, позволяющую получать из этого материала концентраты, содержанием около 90% вермикулита при его извлечении более 80%.

Таким образом, из техногенных слюдяных месторождений можно получить новый вид сырья, пригодный, как показали испытания наработанных концентратов, для целевого использования и для производства молотых слюд.

Говоря об отходах предприятия ОАО «Ковдорслюда», следует отметить отвалы полевошпатового производства рудника «Чалмозеро». За годы работы рудника накоплено около 1 млн 300 тыс. т отходов (отходы рудосортировки кускового материала и отсева мельче 20 мм объемом около 1 млн т) представляющих наибольший интерес с точки зрения вовлечения в переработку. Технология их обогащения основывается на физических свойствах присутствующих здесь минералов, что позволяет применить магнитную и электрическую сепарации после соответствующей рудоподготовки. Разработанная технология позволила получать высококалийный продукт марки ПШМО 2-3 (10% K_2O , 3.18% Na_2O , 0.03% MgO и 0.16% Fe_2O_3) при его выходе около 12% от руды, кварцполевошпатовый концентрат марки КПШМ 0.2-0.9 и кварцевый концентрат ПК-95. По упрощенной технологии с использованием дробления, выделения части слюды по форме, магнитной сепарации возможно получение концентратов ПШМО 0.2-2, КПШМ 0.2-0.9. Применение таких концентратов возможно в тонкой и строительной керамике, стекольной промышленности и т.д. Такую технологию начали осуществлять с 1996 г., выпуск продукции в этом году составил около 750 т.

Большой интерес представляют руды Ловозерского месторождения. Это комплексные руды и кроме лопарита содержат эгирин, нефелин, полевой шпат и апатит. Месторождение эксплуатируется «Ловозерской горной компанией». В состав предприятия входили рудники «Карнасург» и «Умбозеро» и соответственно две обогатительные фабрики. В настоящее время эксплуатируется рудник «Карнасург» и на его базе обогатительная фабрика. Основными техногенными отходами являются текущие и отвальные хвосты обогатительных фабрик. По минералогическому составу хвосты представлены нефелином (22.8%), полевыми шпатами (36.1%), эгирином (12.7%), апатитом (1.3%), сростками эгирина с полевыми шпатами (25.9%), лопаритом (0.4-0.5%), эвдиалитом (0.4%) и аксессуарными минералами (1.3%). Использование отходов производства может вестись по двум направлениям: выпуск нефелин-полевошпатового концентрата, с содержанием глинозема ниже 28%, пригодного для технической керамики, эгиринового концентрата для сварочных материалов, каменного литья, декоративных плиток и по второму направлению – в качестве закладки в подземных горных выработках.

Таким образом, отходы горно-обогатительных предприятий представляют мощную сырьевую базу, вовлечение которой в эксплуатацию представляет значительный интерес не только для Кольского п-ова, но и для страны в целом.

Сведения об авторах

Гершенкоп Александр Шлемович – д.т.н., гл. научный сотрудник, e-mail: alex@goi.kolasc.net.ru

Хохуля Михаил Степанович – к.т.н., старший научный сотрудник, e-mail: mikc@goi.kolasc.net.ru

Мухина Татьяна Николаевна – к.т.н., зав. сектором, e-mail: root@goi.kolasc.net.ru

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД В СИСТЕМЕ «РАЗРЫВ-БАРЬЕР-РАЗРЫВ»

С.Н. Савченко, А.А. Козырев
Горный институт КНЦ РАН

Аннотация

Методами численного и физического моделирования исследовано напряженное состояние горных пород с трещинами и характер разрушения барьерных зон между ними.

Ключевые слова:

система «барьер-разрыв-барьер», напряженное состояние.

Блочное строение массивов горных пород теснейшим образом связано с его трещиноватостью. Трещиноватость и блочность – это две грани одного и того же явления, порожденного, на наш взгляд, некоторой неоднородностью напряженно-деформированного состояния. В связи с этим научный и практический интерес представляет исследование напряженно-деформированного состояния неоднородных массивов, его изменение в процессе развития (роста) неоднородностей, выяснение возможных причин, порождающих эти изменения. Изучение закономерностей разрушения барьерных зон весьма актуально для прогнозирования и анализа причин горных ударов, техногенных и естественных землетрясений [1, 2].

В последние годы процесс подготовки горных ударов тектонического типа и землетрясений связывается с прорастанием крупных магистральных разрывов, возникновению которых предшествует образование самостоятельных мелких разрывов, постепенно разрастающихся и взаимодействующих друг с другом [3-6]. При физическом моделировании создать одинаковые условия на контактах берегов трещины для различных экспериментов практически невозможно, а в случае математического моделирования с достаточной достоверностью можно сказать, что нормальные к границе контакта напряжения и перемещения σ_n и u_n на противоположных берегах равны $\sigma_n^+ = \sigma_n^-$; $u_n^+ = u_n^-$, а тангенциальные σ_τ и u_τ имеют разрывы. Величины разрывов $\sigma_\tau^+ - \sigma_\tau^- = \{\sigma_\tau\}$ и $u_\tau^+ - u_\tau^- = \{u_\tau\}$ в общем случае неизвестны, поэтому нет достаточных граничных условий для решения задачи. Если полагать, что берега разрывов не взаимодействуют, то решение задачи будет зависеть от их геометрии.

Рассмотрим более общий случай двух разрывов одинаковой длины L , располагаемых на параллельных линиях, расстояние между которыми равно H , а расстояние между концами проекций разрывов на одну линию обозначим через D (рис. 1).

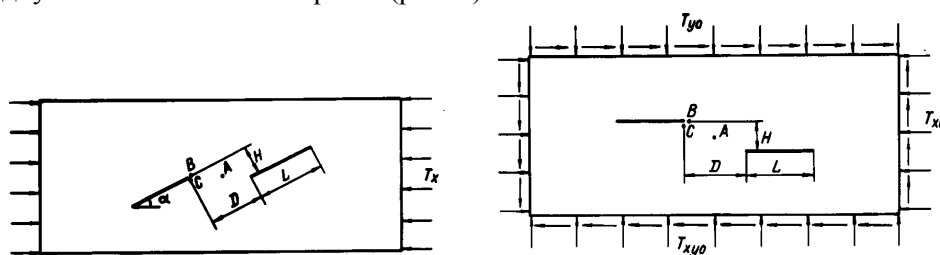


Рис. 1. Схема модели, геометрические параметры разрывов и эквивалентная система сил, действующих на бесконечности

Исследование выполнено в упругой постановке задачи методом граничных элементов в варианте равномерно распределенных нагрузок на элементах.

Для каждого $H/L = 0.2; 0.5; 1.0; 1.5$ исследуем случаи изменения $D/L = 0; 0.2; 0.5; 1.0$ при углах ориентации $\alpha = 10, 20, 30, 45, 60, 70, 80, 90^\circ$, полагая сначала $T_x = -1, T_y = 0, T_{xy} = 0$.

Характер распределения главных напряжений $\sigma_1/|T_x|$ и $\sigma_2/|T_x|$, например, для случая $H/L = 0.5, D/L = 0.2, \alpha = 60^\circ$ показан на рис. 2, из которого следует, что во всей барьерной

зоне между разрывами напряжения σ_1 – растягивающие, а на линии, соединяющей концы разрывов, они имеют наибольшие по величине значения.

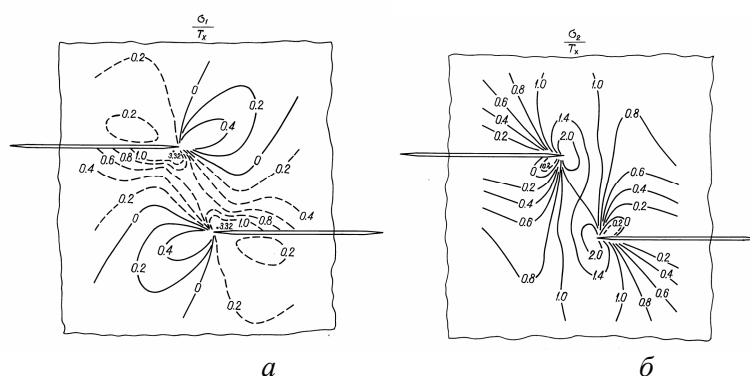


Рис. 2. Изолинии главных напряжений: а – $\sigma_1/|T_x|$, б – $\sigma_2/|T_x|$ при $D/L = 0.2$, $\alpha = 60^\circ$, $T_x = -1$, $T_y = 0$

Напряжения σ_2 практически всюду сжимающие, за исключением небольших зон под верхним и над нижним разрывами в окрестности сближенных концов, где величина их во много раз меньше, чем σ_1 .

На линии, соединяющей концы разрывов, сжимающие напряжения σ_2 также принимают наибольшие по величине значения, увеличивающиеся по мере приближения к концам разрывов.

Очевидно, что в процессе изменения параметров D , H , α эта картина будет каким-то образом «деформироваться». Важно отметить, что в окрестности барьерной зоны как в случае рассматриваемого здесь взаимного расположения разрывов, так и в остальных случаях при определенных углах ориентации главные напряжения σ_1 – растягивающие.

Из результатов исследований, выполненных для различных углов ориентации, следует, что, прежде всего, начало разрушения барьерной зоны при достижении критических усилий можно ожидать для разрывов, ориентированных под углом $\alpha = 60^\circ$ и в том месте, где действуют наибольшие растягивающие напряжения.

Для изучения характера разрушения барьера было выполнено физическое моделирование на моделях из гипсоцементной смеси. Процесс разрушения барьерной зоны при нагружении моделей фотографировался.

Цель исследований заключалась в следующем:

- выяснить характер разрушения барьерной зоны в зависимости от угла ориентации разрывов относительно направления действующих сжимающих усилий;
- установить причины, вызывающие изменение в поведении роста трещин на различных этапах разрушения.

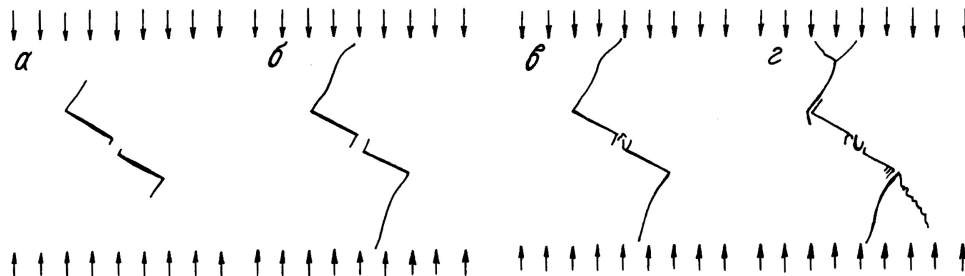


Рис. 3. Этапы разрушения барьерной зоны при ориентации разрывов относительно действующей нагрузки $\alpha = 60^\circ$: а, б – этапы развития трещин 1 и 2; в – образование трещины 3 в центре барьерной зоны; з – окончательное разрушение модели

Сначала наиболее подробно рассмотрим процесс разрушения для разрывов, расположенных под углом $\alpha = 60^\circ$, по отношению к приложенной нагрузке. При достижении критической нагрузки первыми возникают трещины отрыва в окрестности барьерной зоны, разделяющей разрывы, на нижнем берегу верхнего и верхнем берегу нижнего разрывов (рис. 3а). Назовем их трещины 1, длина каждой из которых l_1 . Вслед за этим, или почти одновременно возникают трещины отрыва вблизи двух других концов разрывов: на верхнем берегу верхнего разрыва и нижнем берегу нижнего. Назовем их трещины 2, каждая из которых характеризуется длиной l_2 . Трещины 1 и 2 возникают и развиваются вначале перпендикулярно границе исходных разрывов, при этом скорость роста трещин 2 много больше скорости роста трещин 1. Можно с уверенностью сказать, что при достижении $l_1 = 0.5H$ скорость роста трещин 1 замедляется. Когда длина трещины 1 становится близкой к H , направление их роста начинает меняться (рис. 3б): трещины стремятся соединиться с концами соседних разрывов. Однако этого не происходит, так как в середине барьера возникает трещина 3, соединяющая концы разрывов (рис. 3в). Одновременно образуются зоны смятия вблизи других концов разрывов: на нижнем берегу верхнего и верхнем нижнего разрывов, в этих местах начинается отслоение материала в плоскости модели (рис. 3г). Дальнейшее нагружение модели приводит к раскрытию трещины 3 (при этом трещины 2 несколько закрываются) и возникновению вторичных трещин вблизи смыкающихся концов разрывов.

Наряду с физическим экспериментом выполнены расчеты напряженного состояния для плоскости с разрывами в процессе поэтапного роста трещин. Расчет выполнен в квазистатической постановке задачи: для каждого размера образующейся трещины решалась самостоятельная задача. При этом установлено, что на первом этапе на границе концов, примыкающих к барьерной зоне, концентрация напряжений σ_1 больше, чем на границе концов, удаленных от нее. Этим в первую очередь и объясняется возникновение трещин 1.

На следующем этапе, когда возникли трещины 1 длиной $l_1 = 0.1H$, концентрация напряжений σ_1 вблизи концов трещин 1 снижается, а на границе удаленных от барьера концов разрывов увеличивается. Теперь при определенной величине действующих на бесконечности усилий возникли условия для начала роста трещин на границе удаленных от барьера концов разрывов – трещин 2.

По мере роста трещин 1 и 2 вблизи их концов ориентация главных напряжений изменяется таким образом, что вновь образованные трещины в барьерной зоне стремятся соединиться с концами исходных.

По всей вероятности, на данном этапе на процессы, происходящие в модели или массиве, существенное влияние начинает оказывать скорость деформирования массива, поэтому дальнейшее решение задачи в квазистатической постановке (во всяком случае, с выбранными нами шагами приращения трещин) оказывается неправомерным.

Причины дальнейшего развития разрушений можно объяснить следующим: в силу увеличения концентрации растягивающих σ_1 в центре барьера и смыкания берегов разрывов происходит разрушение отрывом в центре барьера, при этом образуется трещина 3.

Как и следовало ожидать, изменение угла ориентации разрывов при прочих равных условиях оказывает влияние на характер разрушения. Так, при $\alpha = 45^\circ$ последовательность разрушения следующая: сначала возникают трещины 1, вслед за этим или почти одновременно с этим возникают трещины 2, а когда трещины 1 достигают длины l_1 , близкой к H , они начинают закрываться. Затем возникает трещина 3.

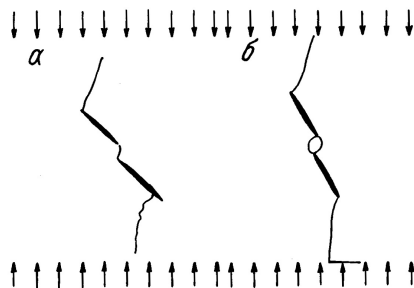


Рис. 4. Окончательные этапы разрушения барьерной зоны при углах ориентации: а – $\alpha = 45^\circ$; б – $\alpha = 30^\circ$

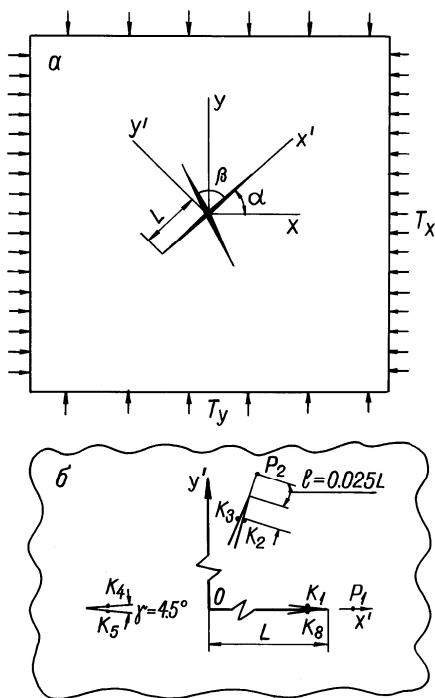


Рис. 5. Схема модели, геометрические параметры: а – действующие нагрузки и ориентация трещин; б – расположение точек, рассматриваемых при анализе напряженного состояния

каждой ветви ($L = 1$) с углом перекрещивания $\beta \leq 90^\circ$, ориентированную под углом $0 \leq \alpha \leq 180^\circ$ относительно большего сжимающего усилия на бесконечности (рис.5а). Расчет главных напряжений выполнялся при $\beta = 90, 75, 60, 45^\circ$ для значений $\alpha = 0.30, 45, 60, 90, 120, 135, 150^\circ$ и соотношений $T_y/T_x = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$.

Характер распределения напряжений $\sigma_1/|T_x|$ и $\sigma_2/|T_x|$ для $\beta = 90^\circ, \alpha = 30^\circ, 45^\circ, T_y/T_x = 0$ (рис.6). Зоны растягивающих напряжений σ_1 (левая часть рисунка, пунктирные линии) вблизи кончиков трещины и в области перекрещивания по мере роста T_y/T_x уменьшаются, а распределение напряжений становится более симметричным. Напряжения σ_2 при этом остаются всюду сжимающими (правая часть рисунка).

На продолжении ветвей трещины, если и возникают растягивающие напряжения, то по величине они значительно меньше, чем растягивающие напряжения, действующие в контурных точках вблизи кончиков трещины. Можно сделать заключение о том, что разрушение массива (образование трещины отрыва) при благоприятных условиях начнется не на продолжении трещины, а в направлении, нормальном к трещине, в местах действия наибольших растягивающих напряжений.

Окончательный этап разрушения показан на рис. 4а. Отличие в разрушении по сравнению с $\alpha = 60^\circ$ состоит в том, что трещины 1 перед возникновением трещины 3 закрываются.

При $\alpha = 30^\circ$ последовательность разрушения следующая: возникают трещины 1, вслед за ними – трещины 2, а при достижении l_1 величины порядка $0.5H$ трещины 1 меняют направление, стремясь соединиться с концами разрывов, что и происходит в конечном итоге.

Трещины 1 не закрываются, а трещина 3 не образуется, так как прежде этого происходит отделение линзовидного куска от массива, который в процессе дальнейшего нагружения начинает вращаться. Разрушение барьерной зоны при $\alpha = 30^\circ$ показано на рис. 4б.

Массивы горных пород, представленные блочными структурами различного ранга в виде «кирпичной кладки», как правило, образованы системами перекрещивающихся трещин, пространство между берегами которых может быть заполнено в той или иной мере материалом, отличающимся по физическим свойствам от окружающей среды.

Особый интерес представляет задача о напряженном состоянии пород вблизи крестообразных трещин в условиях действия на бесконечности сжимающих усилий. На наш взгляд, решение такой задачи позволило бы сформировать новые представления о закономерностях образования блочных структур.

Рассмотрим крестообразную трещину единичной длины

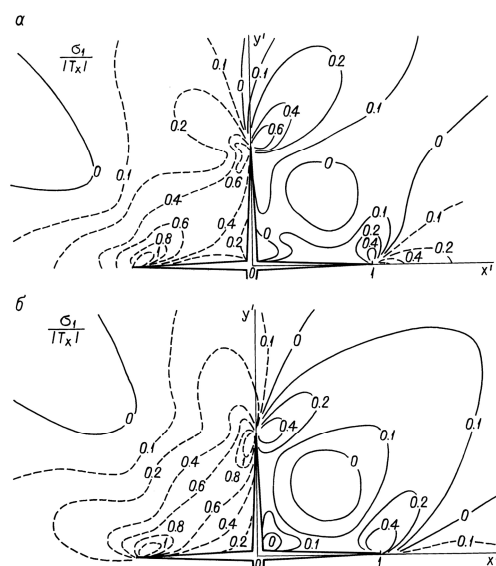


Рис. 6. Изолинии главных напряжений $\sigma_1/|T_x|$ для $\beta = 90^\circ$ при одноосном сжатии: а) $\alpha = 30^\circ$; б) $\alpha = 45^\circ$

Для подтверждения этого вывода был выполнен физический эксперимент. На рис. 7а показан характер такого разрушения трещины, которое приводит к образованию двух кусков почти симметричной формы.

В случае, когда нарушается симметрия ветвей исходной крестообразной трещины, ориентация ее относительно действующих усилий и т.п., получить разрушение с образованием отдельных кусков в экспериментальных условиях не удастся, так как при этом образуются только две трещины отрыва в концах противоположных ветвей. Эти трещины, быстро развиваясь вначале в направлениях, параллельных соседним ветвям исходной трещины, постепенно искривляются при приближении к оси Ox и далее прорастают вплоть до границы модели в направлении, параллельном действующим усилиям. Модель разделяется на две части, не реализовав возможности образования трещин в кончиках соседних ветвей.

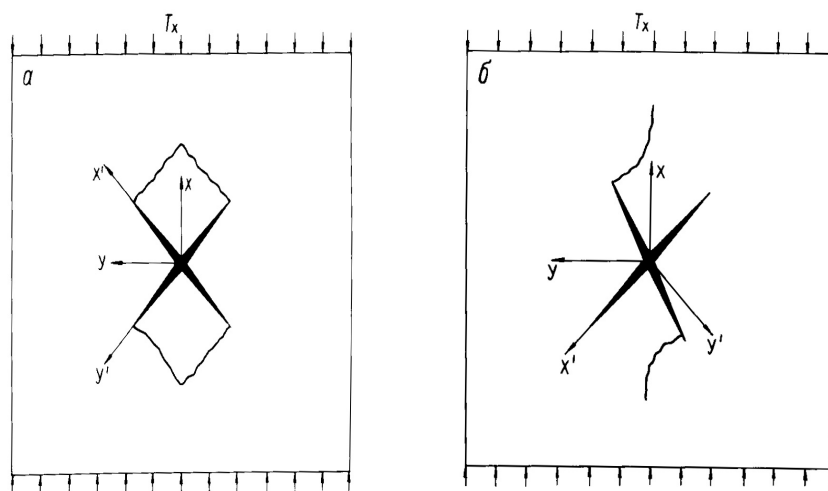


Рис. 7. Разрушение моделей с крестообразной трещиной при одноосном сжатии: а – симметричное расположение ветвей трещины относительно действующих сил; б – несимметричное расположение ветвей трещины относительно действующих сил

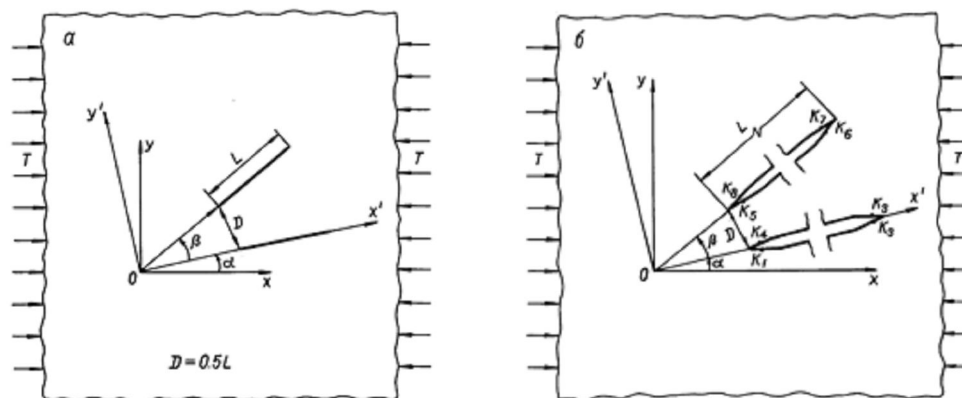


Рис. 8. Схема модели со сходящимися трещинами, геометрические параметры: а – действующие нагрузки и ориентация трещин; б – расположение точек, в которых анализируется напряжённое состояние

В массивах горных пород помимо систем параллельных трещин часто встречаются системы трещин относительно разноориентированных. Исследуем напряжённое состояние плоскости с двумя линейными трещинами одинаковой длины L , образующими угол β между направлениями их расположения. Обозначим через α угол между направлением действующих на бесконечности сжимающих усилий интенсивности T и направлением расположения «нижней» трещины (рис. 8а)

Полагаем также, что угол раскрытия трещин мал, а берега трещин параллельны на 80% их длины и свободны от внешних усилий. Величину целика $D = 0.5L$, разделяющего ближние концы

трещин, во всех исследуемых вариантах оставим неизменной, угол α будет изменяться от 0 до 165° с шагом 15°, а угол β – от 30 до 150° с шагом 30°.

Анализируя данные исследований, прежде всего необходимо отметить, что значения концентрации напряжений σ_1 на контуре «нижней» трещины от угла взаимной ориентации трещин β зависят незначительно. Это связано с тем, что положение нижней трещины в пространстве (относительно локальной системы координат $X'OY'$) фактически остается неизменным при изменении ориентации верхней трещины.

Растягивающие напряжения одновременно в точках, расположенных со стороны барьерного целика, наблюдаются для $\beta = 30^\circ$ при ориентациях $50^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, для $\beta = 90^\circ$ при ориентациях $10^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$.

Если рассматривать величины наибольших значений растягивающих напряжений σ_1 , действующих одновременно в наиболее близко расположенных точках со стороны барьерного целика, то основной интервал ориентации α составляет 45-75°. Очевидно, что такая ориентация трещин относительно действующих усилий будет более неблагоприятной при любом угле схождения трещин. Напряжения σ_2/T во всех исследуемых вариантах в окрестности трещин сжимающие, и поэтому анализ их распределения не представляет особого интереса.

На рис. 9 приведены картины распределения σ_1/T при $\alpha = 60^\circ$; $\beta = 30, 60, 120, 150^\circ$. На продолжениях трещин действуют сжимающие напряжения σ_1 (рис. 9). Учитывая то обстоятельство, что σ_2 на этих участках тоже сжимающие, приходим к выводу, что при достижении предельных нагрузок развитие трещин в направлении их продолжения происходить не будет. Более вероятно, что разрушение барьерных перемычек таких систем трещин должно начинаться на контуре сближенных концов перпендикулярно границам трещин на некотором удалении от кончиков, при этом разрушение должно носить отрывной характер. Вновь образованные трещины, изменяя траекторию своего «движения», должны «встретиться». Так должно быть в идеальных условиях, когда величины концентрации напряжений на обоих берегах трещин со стороны целика одинаковы. Поскольку в действительности это не так, возможен следующий вариант разрушения барьерной перемычки: трещина отрыва зарождается на контуре той трещины, где концентрация растягивающих напряжений большая по величине и, развиваясь линейно (или с незначительным искривлением), она «выходит» на контур другой трещины и не обязательно вблизи ее конца.

Возможен и третий «сценарий» разрушения барьерной перемычки, начало которого аналогично второму, но отличается тем, что зарождение трещины отрыва на контуре трещины с меньшей концентрацией растягивающих напряжений происходит до того момента, когда первая вновь образованная трещина «выходит» на контур другой исходной трещины. При этом возможно образование некоторого выкола материала, ограниченного поверхностями вновь образованных и исходных трещин.

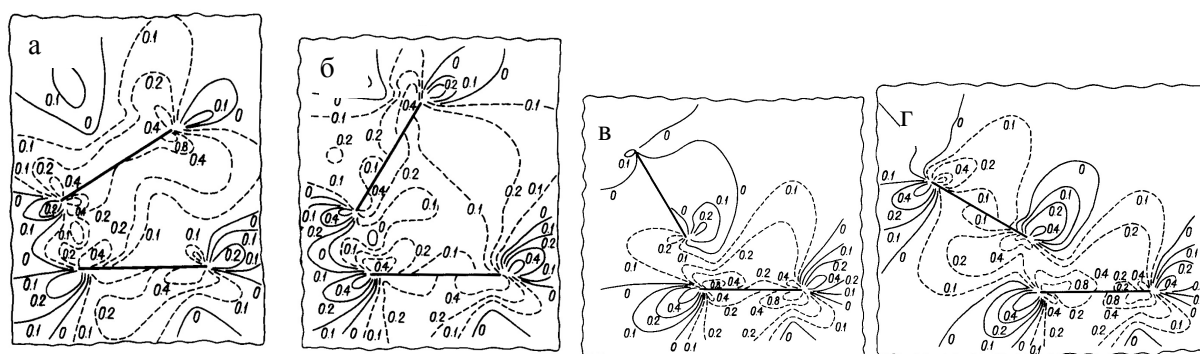


Рис. 9. Изолинии напряжений σ_1/T_x при $\alpha = 60^\circ$: а) $\beta = 30^\circ$; б) $\beta = 60^\circ$; в) $\beta = 120^\circ$; г) $\beta = 150^\circ$

Эксперимент, выполненный на моделях из гипсоцементного материала при $\alpha = 60^\circ$ и $\beta = 30^\circ$, показал, что разрушение барьерной перемычки между сближенными концами происходит по второму «сценарию». На рис. 10а цифрами 1-4 показана последовательность образования трещин отрыва в процессе нагружения модели.

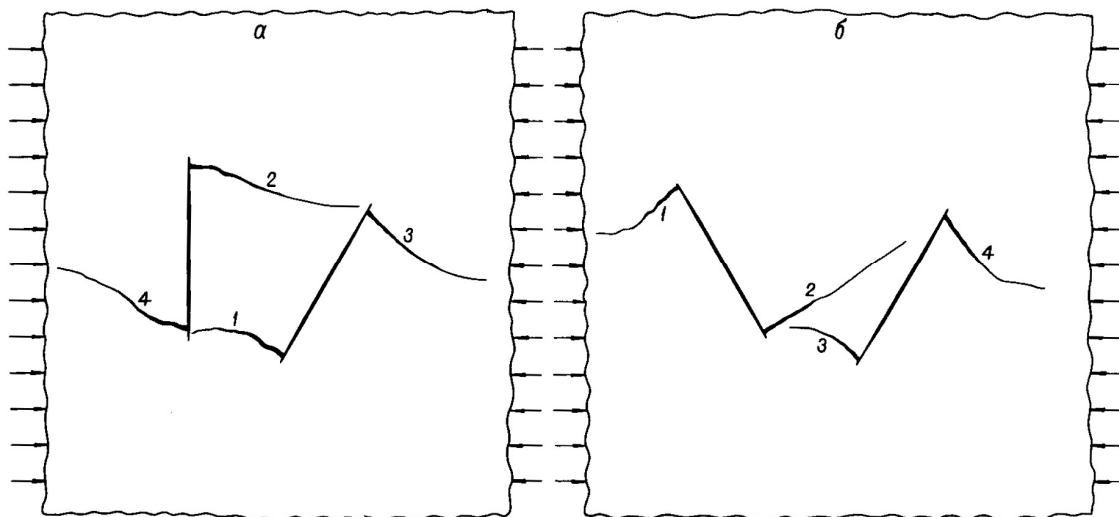


Рис. 10. Разрушения моделей со сходящимися трещинами: а) $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 30^\circ$; б) $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 60^\circ$

Выводы

1. Разрушение барьерных перемычек происходит в результате образования трещин отрыва, возникающих на контуре исходных трещин в местах наибольшей концентрации растягивающих напряжений и распространяющихся в направлении, нормальном к границам заданных трещин.
2. Наиболее опасными углами ориентации трещин (в смысле устойчивости барьерных зон) являются углы $45-75^\circ$ при любых углах схождения.
3. На основании анализа закономерностей распределения главных напряжений можно с достаточной определенностью предсказать характер и последовательность разрушения барьерных зон, разделяющих трещины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко С.Н., Ловчиков А.В., Козырев А.А. Ретроспективный анализ очага техногенного землетрясения на руднике «Умбозеро» 17.08.1999 г. // Техногенная сейсмичность при горных работах: модели очагов, прогноз, профилактика. Апатиты, 2004. Ч. 1. 2. Эйби Дж. А. Землетрясения / пер. с англ. Б.Г. Слепцова, Н.М. Хайме. М.: Недра, 1982. 3. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 4. Костров Б.В. Механика очага тектонического землетрясения. М.: Наука, 1975. 5. Мячкин В.И. Процессы подготовки землетрясений. М.: Наука, 1978. 6. Рейс Д. Механика очага землетрясения. М.: Мир, 1982.

Сведения об авторах

Савченко Степан Николаевич – д.т.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: savc@goi.kolasc.net.ru
 Козырев Анатолий Александрович – д.т.н., профессор, зам. директора по научной работе, e-mail: kozar@goi.kolasc.net.ru

БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗНООБРАЗИЯ ЛИШАЙНИКОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.П. Урбанавичюс

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

Аннотация

Представлены данные по биологическому, географическому и систематическому разнообразию лишайнофлоры Мурманской области, насчитывающей 1175 видов. Показаны основные лишайногеографические рубежи в распространении лишайников на Кольском полуострове и сопредельных территориях. На основе анализа накопленных данных по географии и разнообразию лишайников Северной Европы дается оценка о произрастании на территории Мурманской области порядка 1500-1600 видов.

Collema subnigrescens Degel и лишайнофильные виды *Dactylospora glaucomarioides* (Willey ex Tuck.) Hafellner, *Phacographa glaucomaria* (Nyl.) Hafellner и *Stigmidium pumilum* (Lettau) Matzer & Hafellner впервые приводятся для Мурманской области.

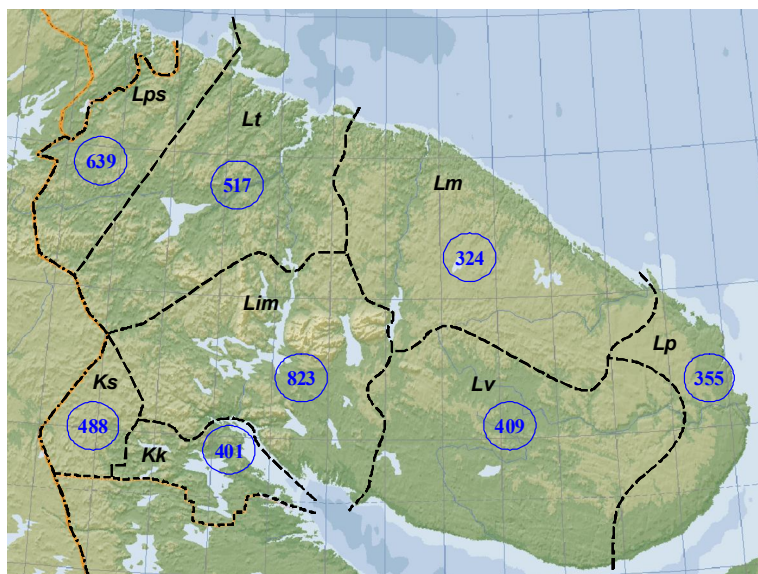
Ключевые слова:

лишайники, разнообразие, биогеография, Мурманская область.

Публикацией каталога видов лишайников, лишайнофильных и близких нелихенизированных грибов Мурманской области [1] были подведены результаты полуторавекового периода исследования лишайнофлоры. В предварительном анализе эколого-географических закономерностей распределения разнообразия лишайников было показано, что основными факторами высокого разнообразия и богатства лишайнофлоры биогеографических провинций Печенгская Лапландия, Туломская Лапландия, Имандрская Лапландия, Куусамо, Керетская Карелия являются разнообразие эколого-субстратных, ландшафтных и климатических условий, свойственных провинциям западной половины Мурманской области [2]. Краткий биогеографический обзор разнообразия лишайнофлоры Мурманской области сводится к следующему.

За прошедшие два года со времени публикации каталога новейшие исследования позволили выявить еще 46 видов, ранее не известных для нашей территории. Таким образом, данный обзор охватывает 1175 видов из 300 родов и 93 семейств. Основное разнообразие сосредоточено в 9 крупнейших семействах лишайнофлоры Мурманской области (*Lecanoraceae* K rb., *Parmeliaceae* Zenker, *Lecideaceae* Chevall., *Physciaceae* Zahlbr., *Cladoniaceae* Zenker, *Verrucariaceae* Zenker, *Ramalinaceae* C. Agardh, *Teloschistaceae* Zahlbr., *Rhizocarpaceae* M. Choisy ex Hafellner), охватывающих 50% видового состава. Следует отметить, что изменения сведений о разнообразии лишайнофлоры касаются всех биогеографических провинций, не только в центральных и западных районах Мурманской области, но и расположенных в удаленных восточных районах. По сравнению с

2008 г. [3] заметно увеличился видовой состав лишайников Лапландии Варзугской и Лапландии Туломской: в каждой выявлено около 60 новых видов, а также Мурманской Лапландии – более 30 новых находок.



Видовое разнообразие лишайников биогеографических провинций Мурманской области (Lps – Лапландия Печенгская, Lt – Лапландия Туломская, Lm – Лапландия Мурманская, Lim – Лапландия Имандрская, Lv – Лапландия Варзугская, Lp – Лапландия Понойская, Ks – Куусамо, Kk – Керетская Карелия); - - - - границы биогеографических провинций [3]

Географическое положение Мурманской области и соответствующие природно-климатические условия обуславливают характерный биогеографический спектр лишенофлоры. Основу (более 70% видового состава) представляют виды с циркумполярными и циркумбореальными ареалами, широко распространенными в пределах Голарктики. Большинство бореальных видов, свойственных таежным лесам, находятся здесь на северной границе ареала, что обусловлено пределом распространения древесной растительности. Бореальные виды представлены в основном напочвенными (например, из родов *Cladonia* P. Browne, *Peltigera* Willd. и др.) и значительной частью эпифитных лишайников (*Alectoria* Ach. in Luyken, *Bryoria* Brodo et D. Hawksw., *Chaenotheca* Th. Fr., *Hypogymnia* (Nyl.) Nyl. и др.), многие из которых постоянно встречаются на территории области как в лесных, так и в тундровых ландшафтах. Такие виды обычны на обширнейших пространствах России от Кольского полуострова до Камчатки и в большинстве стран Европы (особенно Северной), в Канаде и США.

Немногочисленные неморальные виды, традиционно считающиеся приуроченными к широколиственным или хвойно-широколиственным лесам, или виды с субокеаническими тенденциями распространения (например, *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W. L. Culb. et C. F. Culb., *Graphis scripta* (L.) Ach., *Heterodermia speciosa* (Wulfen) Trevis., *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Melanelixia fuliginosa* (Fr. ex Duby) O. Blanco et al. и др.) встречаются крайне редко, и находки их приурочены к южным и западным районам области. Все эти виды находятся в Мурманской области на крайнем северном пределе распространения. Основной же ареал их тяготеет к значительно более южным областям Земли, в том числе тропическим зонам, и достигает таких экзотических стран Южного полушария, как Бразилия или Австралия.

Также на северном пределе распространения в Мурманской области находятся многие горные и высокогорные виды, известные в горах Центральной Европы и после значительного разрыва ареала обнаруженные в горных системах нашей территории (*Bryonora septentrionalis* Holt.-Hartw., *Placynthium dolichoterum* (Nyl.) Trevis., *Rhizocarpon furfurosum* H. Magn. et Poelt, *Schadonia alpina* Körb., *Schismatomma umbrinum* (Coppins et P. James) P. M. Jørg. et Tønsberg и др.).

Почти циркумполярным ареалом обладает арктический вид *Arctocetraria nigricascens* (Nyl.) Kärnefelt et A. Thell, описанный с востока Мурманской области 150 лет назад известным финским лишенологом В. Ниландером (W. Nylander). Самое интересное заключается в том, что этот вид не известен в Фенноскандии, он отмечается только на арх. Шпицберген, в Гренландии, Канаде и на Аляске. В Европейской России *A. nigricascens* отмечен только на арх. Земля Франца-Иосифа и на побережье Баренцева моря в Ненецком АО, далее на восток вид уже более обычен (хотя не обнаружен до сих пор ни на Новой Земле, ни на Полярном Урале) вплоть до Чукотки. Таких видов с южной, западной или юго-западной границей распространения в Мурманской области немного. Гораздо больше видов (несколько десятков), которые находятся на восточном и северо-восточном пределе распространения (т.е. по сути являющихся европейскими или европейско-североамериканскими), например, выявленные в последние годы *Ainoa mooreana* (Carroll) Lumbsch et I. Schmitt, *Candelariella aggregata* M. Westberg, *Pyrenopsis furfurea* (Nyl.) Leight., *Rhizocarpon santessonii* Timdal, *Thelignya lignyota* (Wahlenb.) P. M. Jørg. et Henssen и др.

Почти половина видового состава лишайников – это виды, обитающие на каменистом субстрате, что весьма характерно для Мурманской области, в ландшафтах которой хорошо развит горный рельеф с обилием выходов обнаженных горных пород в горах и на побережьях. Эпилитные лишайники в большинстве своем представлены горными (монтанными) и полярно-высокогорными (арктоальпийскими) видами. Значительным разнообразием эпилитных лишайников отличаются рода *Aspicilia* A. Massal., *Caloplaca* Th. Fr., *Lecanora* Ach. in Luyken, *Lecidea* Ach., *Miriquidica* Hertel et Rambold, *Porpidia* Körb., *Rhizocarpon* Ramond ex DC., *Umbilicaria* Hoffm., *Verrucaria* Schrad.

Узко распространенных видов в лишенофлоре северных регионов обычно немного. Так, в настоящее время из приблизительно 50 видов, известных в России только из Мурманской области, 7 являются эндемичными для нашей территории: *Abconditella duplicella* (Nyl.) Rossm., *Biatora petsamoensis* (Räsänen) Räsänen, *Biatorella koltarum* Räsänen, *Buellia nigromaculata* Räsänen, *Lecanora carbonea* Räsänen, *Umbilicaria tylorrhiza* Nyl., *Verrucaria grossa* Nyl. Описанные в середине XIX века В. Ниландером (W. Nylander) и в первой половине XX века И. Вэйнио (E. Vainio), они до сих пор не обнаружены где-либо еще в мире.

Довольно большое число лишайников (35 видов) имеют типовые (*locus classicus*) местонахождения на Кольском полуострове. Значительная часть их впоследствии была обнаружена во многих регионах Земли. Например, описанные из долины р. Поной виды *Peltigera ponojensis* Gyeln и *Phaeophyscia kairamoi* (Vain.) Moberg в настоящее время широко известны и на других территориях: первый встречается в пределах Северного Полушария вплоть до субтропических областей, ареал

второго сейчас простирается до тропических широт. Такие виды, как *Caloplaca phaeocarpella* (Nyl.) Zahlbr. и *Protothelenella sphinctrinoidella* (Nyl.) H. Mayrhofer et Poelt, описанные с берегов Кольского залива, обнаружены даже в Антарктике.

Необходимо заметить, что значительная часть лишенофлоры Мурманской области представлена так называемыми микролишайниками с накипной жизненной формой (в их число включены также нелихенизированные грибы, систематически близкие лишайникам), охватывающими почти 70% видового состава. Микролишайники существенно сложнее изучать ввиду их зачастую микроскопических размеров, более сложной идентификации (особенно стерильных экземпляров), поэтому более чем двукратное преобладание микролишайников над макролишайниками (кустистых, листоватых и чешуйчатых жазненных форм) свидетельствует о высоком уровне изученности лишенофлоры в целом. В то же время, степень изученности видового состава лишайников (в силу их биологической природы) заметно отстает от изученности высших сосудистых растений. На основе анализа накопленных данных по географии и разнообразию лишайников Северной Европы в целом можно дать оценку вероятности произрастания на территории Мурманской области приблизительно 1500-1600 видов (столько видов в настоящее время известно на территории Финляндии). Современная флора лишайников Мурманской области выявлена пока только примерно на 75% от предполагаемого разнообразия.

В заключение приводим сведения по ранее не публиковавшимся новым видам, определенных Г. Урбанавичюсом из сборов, любезно предоставленных ему коллегами М.А. Фадеевой из Института леса Карельского НЦ РАН и А.В. Мелехиным из Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН:

Collema subnigrescens Degel. – Лапландский заповедник, Сальные тундры, на коре старой рябины. 25.07.2006. А. Мелехин. От близких видов *Collema curtisporum* Degel. и *Collema nigrescens* (Huds.) DC. отличается формой, размерами спор.

Dactylospora glaucomarioides (Willey ex Tuck.) Hafellner – заповедник «Пасвик», дорога на Глухую плотину, лишенофильный гриб, обитающий на таллеме лишайника *Pertusaria geminipara* (Th. Fr.) S. Knight ex. Brodo. 31.07.2009. М. Фадеева.

Phacographa glaucomaria (Nyl.) Hafellner – Лапландский заповедник, Сальные тундры, лишенофильный гриб, обитающий на апотециях лишайника *Lecanora bicincta* Ramond. 26.07.2006. А. Мелехин.

Stigmidium pumilum (Lettau) Matzer et Hafellner – заповедник «Пасвик», г. Калкупя, лишенофильный гриб, обитающий на таллеме лишайника *Physcia caesia* (Hoffm.) Fűrnr. 04.08.2009. М. Фадеева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Urbanavichus G., Ahti T., Urbanavichene I. Catalogue of lichens and allied fungi of the Murmansk Region, Russia // Norrlinia. 2008. Vol. 17. P. 1-80.
2. Урбанавичюс Г.П. Эколого-географические закономерности разнообразия лишайников Мурманской области // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, г. Апатиты, 14–16 октября 2008 г. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. Ч. 1. С. 160-164.
3. Heikinheimo O., Raatikainen M. Paikan ilmoittaminen Suomesta talletetuissa biologisissa aineistoissa // Ann. Entomol. Fenn. 1971. Vol. 37, № 1a. P. 1-27.

Сведения об авторе

Урбанавичюс Геннадий Пранасович – к.г.н., старший научный сотрудник, e-mail: urbanavichus@inep.ksc.ru

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАУНЫ И ЭКОЛОГИИ ПАЗАРИТОВ ПТИЦ БАРЕНЦЕВА МОЯ И ВЗАИМООТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ «ГЕЛЬМИНТЫ-МОРСКИЕ ПТИЦЫ»

В.В. Куклин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

Аннотация

Обобщены данные по составу, экологии и динамике гельминтофауны птиц Баренцева моря по результатам паразитологических исследований, проведенных в 1991-2009 гг. в районах Мурмана, Новой Земли, Земли Франца-Иосифа и арх. Шпицберген. Выявлены и проанализированы различия в зараженности птиц разных районов Баренцева моря, описаны локальные различия в зараженности некоторых видов птиц на Мурмане. На примере арх. Семь Островов сделан анализ многолетней динамики гельминтофауны птиц при сравнении современных данных с материалами аналогичных исследований, проведенных в 1940-1941 гг. М.М. Белопольской. По результатам обследования чаек рода *Larus* определены основные тенденции в сезонной динамике гельминтофауны птиц в весенне-осенний период. На основании результатов полевых и экспериментальных исследований изучено влияние зараженности гельминтами на параметры обмена веществ морских птиц и определены особенности биохимических процессов в организме окончательного хозяина при развитии цестодной и трематодной инвазии. Определены дальнейшие перспективы паразитологических исследований птиц Баренцева моря.

Ключевые слова:

гельминты, морские птицы, сезонная и многолетняя динамика, биохимические параметры, паразито-хозяйинные отношения.

Морские птицы, в силу высокой подвижности и большой численности, играют особую роль в циркуляции паразитов и в распространении паразитарных инвазий на территориях как отдельных регионов, так и планеты в целом. Баренцево море с его многочисленными островами и архипелагами, удобными для гнездования птиц, в этом плане не представляет исключения. Более того, благодаря разнообразию экологических условий и природных сообществ в разных районах Баренцево море является уникальным полигоном для паразитологических исследований.

Отдельные фрагментарные сведения о паразитах птиц Баренцева моря стали появляться в литературе в начале XX века [1, 2, 3, 4]. При этом почти все авторы, как правило, ограничивались описанием фауны и морфологии гельминтов. Экологический анализ материала был сделан только Г.С. Марковым и М.М. Белопольской, которые проводили исследования на Южном острове Новой Земли и на арх. Семь Островов [5, 6, 7]. Однако «неохваченность» многих территорий и пробелы в знаниях по ряду важных аспектов долгое время не позволяли дать общую оценку состояния и развития паразитологической ситуации на Баренцевом море.

Мурманский морской биологический институт (ММБИ) начал активные исследования паразитологии морских птиц на рубеже 1980-1990-х гг. По результатам морских и береговых экспедиций на побережье Мурмана [8], архипелагах Шпицберген [9], Земля Франца-Иосифа [10] и Новая Земля [11, 12] были собраны и обработаны многочисленные материалы, которые позволили провести подробный анализ фауны, экологии и распространения гельминтов морских птиц.

По результатам исследований, к настоящему времени у баренцевоморских птиц обнаружено 82 вида гельминтов, относящихся к 4-м основным систематическим группам, (28 видов трематод, 37 видов цестод, 12 видов нематод и 5 видов скребней) [13]. При этом 3 вида оказались новыми для науки [14], а 16 – впервые отмечены на Баренцевом море. Однако и эти материалы дополняются и уточняются практически после каждого нового этапа исследований.

В составе паразитофауны птиц большинство составляют виды, циркуляция которых происходит в прибрежных экосистемах при участии беспозвоночных и рыб литорального комплекса в качестве промежуточных хозяев. Исключение составляют некоторые ленточные черви из семейств *Tetrabothriidae* и *Dilepididae*, которые могут реализовывать жизненные циклы в условиях открытого моря. Кроме того, на Мурмане у ряда видов куликов и чаек, посещающих в гнездовой период

тундровые водоемы и антропогенные ландшафты, отмечены гельминты, циркулирующие в пресноводных и наземных биоценозах.

У птиц на арктических архипелагах отмечено низкое видовое разнообразие фауны трематод. Особенно показательны в этом плане Земля Франца-Иосифа и Новая Земля, где был найден единственный вид трематод – *Microphallus pseudopygmaeus* (табл. 1). Кроме того, у птиц в арктических областях полностью отсутствуют гельминты с пресноводными и наземными жизненными циклами. Очевидно, это связано с суровыми условиями окружающей среды, которые неблагоприятны, в первую очередь, для свободноживущих стадий паразитов, а также с отсутствием промежуточных хозяев трематод – литоральных моллюсков.

Таблица 1

Разнообразие фауны трематод у морских птиц в разных районах Баренцева моря

Район исследований	Количество обнаруженных видов трематод
Восточный Мурман	27
Земля Франца-Иосифа	1
Новая Земля	1
Шпицберген	8

В то же время состав фауны цестод и скребней у птиц в высоких широтах мало отличается от того, который характерен для авифауны в южной части Баренцева моря, а значения количественных показателей, в первую очередь, экстенсивности инвазии (ЭИ – отношение количества экземпляров, зараженных паразитом данного вида, к общему количеству животных в выборке), интенсивности инвазии (ИИ – количество экземпляров данного вида паразита в одной особи хозяина) и индекса обилия (ИО – отношение общего количества экземпляров каждого вида гельминтов в каждом виде хозяев к общему количеству обследованных особей животных в выборке) зачастую оказывались выше именно у птиц в арктических районах. Скорее всего, это объясняется обилием в Арктике планктонных и сублиторальных ракообразных, играющих роль промежуточных хозяев этих паразитов, и высокой относительной долей раков в питании птиц.

Еще одной важной особенностью гельминтофауны птиц в северных районах Баренцева моря является способность ряда паразитов успешно развиваться в неспецифичных хозяевах. Этот феномен, получивший название «расшатывание экониши», обусловлен ослаблением резистентности хозяев и снижением межвидовой конкуренции между самими паразитами. Он представляет собой очень важную адаптацию, которая позволяет гельминтам выживать в экстремальных условиях границы ареала.

Помимо макромасштабных особенностей, по результатам исследования птиц на Мурмане были выявлены и значительные локальные различия в их гельминтофауне в пределах одного географического района. Данные по обследованию моевок на п-ове Рыбачий, мысе Крутик и в губе Дворовой позволили определить ряд особенностей в видовом составе паразитов и показателях заражения птиц, связанных с разнокачественностью их рациона и наличием локальных очагов заражения – в частности, трематодами семейства *Diplostomidae* в озерах вблизи гнездовой колонии на мысе Крутик. Результаты аналогичного анализа по материалам от серебристых и морских чаек Кольского залива, губы Ярнышной и арх. Семь Островов показали отсутствие многих видов трематод и общую низкую зараженность этими паразитами у птиц в последнем районе (табл. 2). Видимо, это обусловлено невозможностью их нормальной циркуляции на открытых прибойных участках побережья, а также наличием на Семиостровье больших гнездовых колоний других птиц, где крупные чайки добывают пищу путем хищничества практически без риска заражения [15].

Наряду с пространственными, важное влияние на результаты исследований оказывают и временные факторы. По данным сезонного мониторинга в губе Сайда Кольского залива [16], объектами которого были серебристые и морские чайки, у птиц в период прилета были найдены паразиты, нехарактерные для местной фауны и, скорее всего, занесенные из районов зимовки, либо с маршрутов миграции. В весенне-летний период гельминтофауна птиц обогащалась за счет появления видов с пресноводными жизненными циклами, а значения показателей заражения другими паразитами были напрямую связаны со степенью доступности тех или иных кормовых объектов (в первую очередь, рыб и полихет) в разные периоды. Осенью, перед отлетом на зимовку, чайки концентрировались в узкой прибрежной полосе, и основу их рациона составляли литоральные моллюски. Как следствие, у птиц резко возросла зараженность теми трематодами, которые используют моллюсков в качестве промежуточных хозяев (рис. 1-3).

Состав фауны трематод серебристых и морских чаек в разных районах Мурманского побережья

Губа Сайда (Кольский залив)	Губа Ярнышная	Архипелаг Семь Островов
<i>Cryptocotyle lingua</i>	<i>Cryptocotyle lingua</i>	<i>Cryptocotyle lingua</i>
<i>Gymnophallus deliciosus</i>	<i>Gymnophallus deliciosus</i>	<i>Gymnophallus deliciosus</i>
<i>Cryptocotyle concavum</i>	<i>Microphallus pygmaeus</i>	<i>Microphallus pygmaeus</i>
<i>Microphallus piriformes</i>	<i>Microphallus piriformes</i>	
<i>Microphallus similis</i>	<i>Gymnophallus</i> sp	
<i>Himasthla larina</i>	<i>Himasthla larina</i>	
<i>Diplostomum spathaceum</i>	<i>Himasthla</i> sp	
<i>Plagiorchis laricola</i>	<i>Plagiorchis laricola</i>	
<i>Notocotylus</i> sp	<i>Notocotylus</i> sp	
<i>Maritrema arenaria</i>		

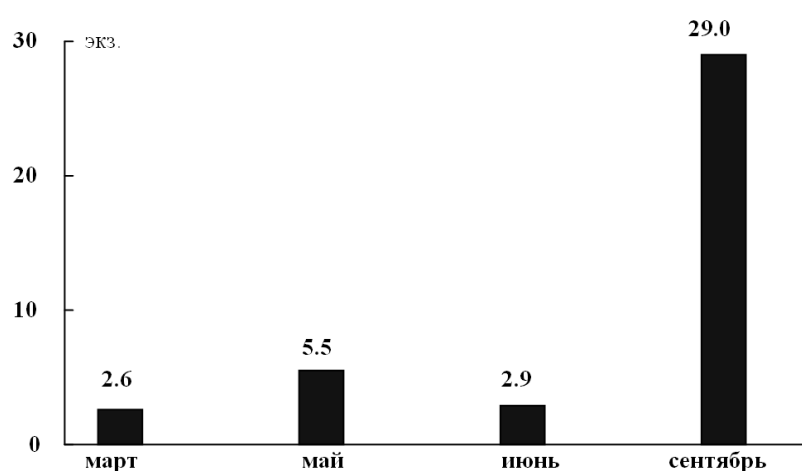


Рис. 1. Значения индекса обилия трематод *Gymnophallus deliciosus* у серебристых и морских чаек губы Сайда (Кольский залив) в разные сезоны

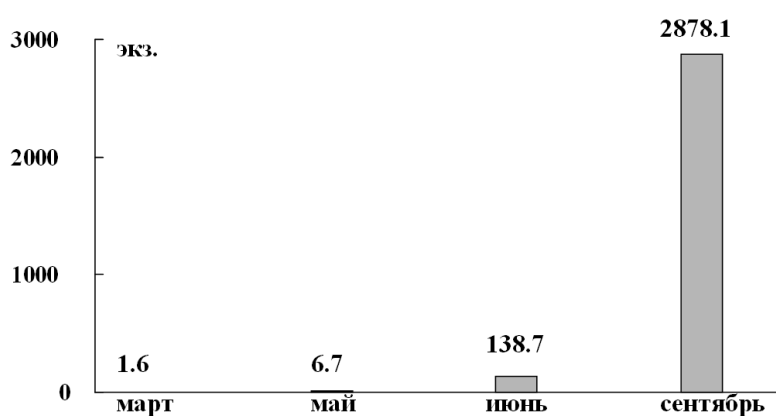


Рис. 2. Значения индекса обилия трематод *Microphallus piriformes* у серебристых и морских чаек губы Сайда (Кольский залив) в разные сезоны

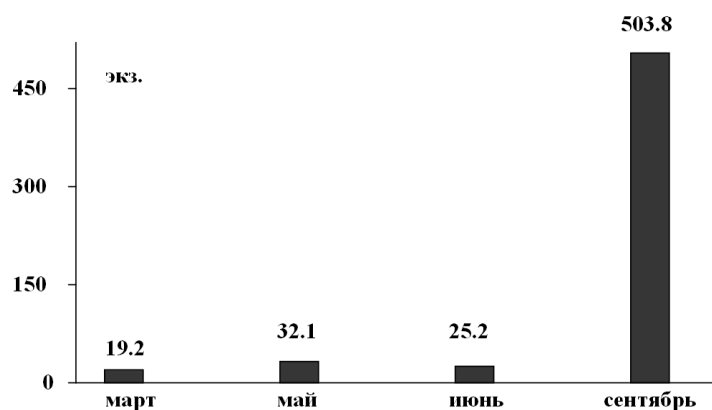


Рис. 3. Значения индекса обилия трематод *Himasthla larina* у серебристых и морских чаек губы Сайда (Кольский залив) в разные сезоны

Многолетние изменения в гельминтофауне птиц были прослежены при сравнении результатов исследований на арх. Семь Островов с данными М.М. Белопольской, работавшей в этом районе в начале 1940-х гг. [8]. Было установлено, что у птиц Семиостровья резко снизилась зараженность теми трематодами, которые в настоящее время полностью отсутствуют у птиц-ихтиофагов (табл. 3). Одновременно с этим увеличилось количество видов гельминтов, жизненные циклы которых не связаны с морскими экосистемами. Такая динамика, видимо, объясняется деградацией традиционной кормовой базы птиц из-за мощного антропогенного пресса и перехода на питание альтернативными группами кормов на суше и пресноводных водоемах. Определенное значение могло иметь и снижение численности некоторых видов птиц, поскольку для нормальной циркуляции паразитов в любой экосистеме необходимо определенное количество потенциальных окончательных хозяев.

Таблица 3

Показатели заражения птиц арх. Семь островов в 1940-х и 1990-х гг.
(обобщённые данные по чайкам и чистиковым)

Показатели	1940-1941 гг. (Белопольская, 1952) (n=220 ad.+74 juv.)	1991-2001 гг. (наши данные) (n=116 ad.+26 juv.)
Общая ЭИ птиц гельминтами	75.5%	53.7%
Кол-во обнаруженных видов трематод	11	4
Число видов птиц, заражённых трематодами	7	3
Средняя ЭИ трематодами	20.0%	7.0%
Кол-во обнаруженных видов цестод	15	18
Число видов птиц, заражённых цестодами	8	6
Средняя ЭИ цестодами	52.2%	34.1%

По результатам комплексного исследования с участием специалистов ММБИ, Норвегии и Канады на материале, собранном по чайкам-бургомистрам арх. Шпицберген, были изучены корреляционные связи между особенностями паразитарной инвазии птиц и уровнями концентрации в их организме тяжелых металлов [17]. Обнаружена положительная корреляция между интенсивностью инвазии чаек-бургомистров скребнями, а также между концентрацией селена и интенсивностью инвазии цестодами. В первом случае, вероятно, ртуть вызывала угнетение функций иммунной системы птиц, и это позволило развиваться неспецифичным паразитам, поскольку в норме окончательными хозяевами найденных скребней являются обыкновенные гаги и морские млекопитающие. Во втором случае, видимо, цестоды благодаря более активному пищевому транспорту получили преимущество в конкуренции за микроэлементы, в число которых входит и селен, поскольку он поддерживает высокую плодовитость цестод и помогает противостоять защитным реакциям организма хозяина.

Одним из важнейших направлений исследований, которое получило развитие в ММБИ во второй половине 1990-х гг., стало изучение влияния гельминтов на морских птиц на биохимическом и

физиологическом уровне. На начальных этапах по результатам анализа проб крови тканей птиц из природных популяций и при сопоставлении этих материалов с данными паразитологических вскрытий было установлено, что заражение гельминтами вызывает ряд серьезных нарушений в белковом и липидном обменах птиц, а также угнетает функции печени и почек [13]. При этом более выраженные изменения в метаболизме отмечались при инвазии птиц цестодами семейств *Tetrabothriidae* и *Hymenolepididae*, а также при совместном и раздельном заражении трематодами семейств *Echinostomatidae* и *Microphallidae*. В дальнейшем, с целью изучения динамики биохимических параметров при развитии паразитарной инвазии, была поставлена серия экспериментов по искусственному заражению нелетающих птенцов разными видами гельминтов, с последовательным отбором проб крови с интервалом в три дня и их лабораторным анализом. Результаты показали, что независимо от того, какими паразитами были заражены птицы, картина изменения биохимических показателей была схожей [18, 19]. Заметные изменения (в первую очередь, в белковом обмене) наблюдались уже на 4-й день после инвазии, что можно расценивать как острую аллергическую реакцию птиц на чужеродные тела (рис. 4-6). На 7-8-й день отмечались наибольшие отклонения основных биохимических показателей от нормы, и это, видимо, связано с достижением паразитами половозрелого состояния, началом их активной физиологической деятельности и усилением защитных реакций хозяев. Однако уже на 10-й день происходило восстановление многих показателей до контрольных значений, а к 14-му дню практически все параметры не отличались от нормы – т.е. наступало почти полное сглаживание антагонизма во взаимоотношениях гельминтов и птиц.

г/л - - - - - контроль —●— гименолепидидная инвазия - - - - - гетерофиидная инвазия

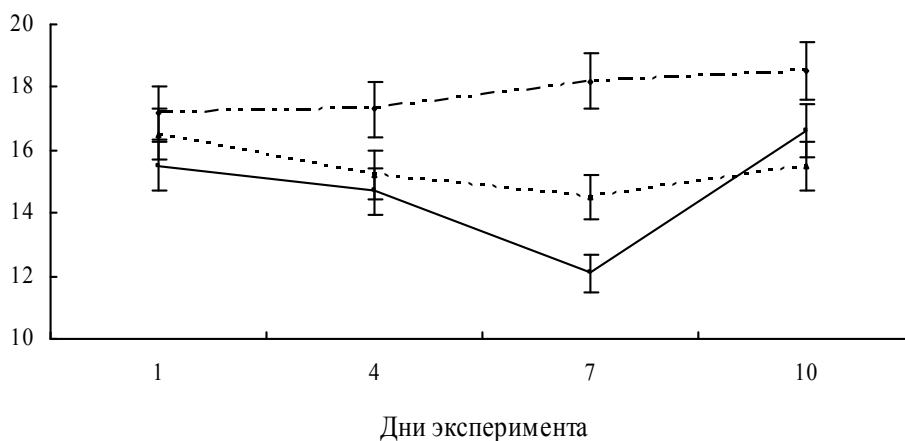


Рис. 4. Динамика концентрации альбумина в плазме крови морских чаек (*Larus marinus L.*) при экспериментальном заражении цестодами сем. *Hymenolepididae* и трематодами сем. *Heterophyidae*

г/л - - - - - контроль —●— гименолепидидная инвазия - - - - - гетерофиидная инвазия

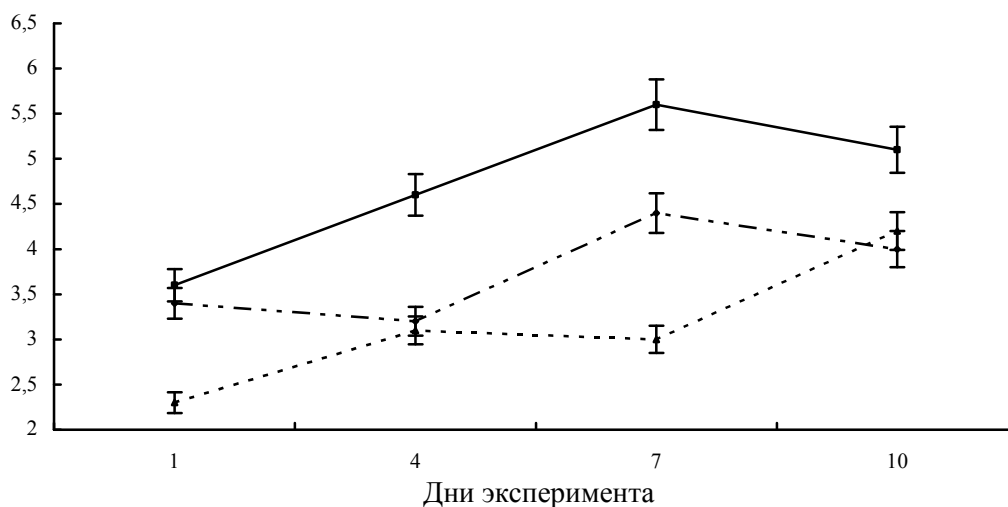


Рис. 5. Динамика содержания гамма-глобулинов в плазме крови морских чаек (*Larus marinus L.*) при экспериментальном заражении цестодами сем. *Hymenolepididae* и трематодами сем. *Heterophyidae*

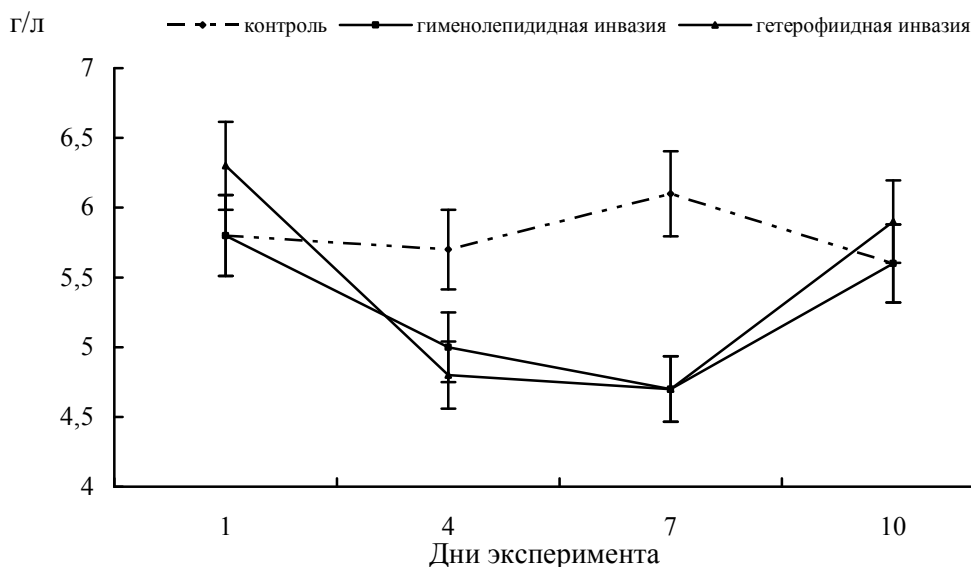


Рис. 6. Динамика концентрации общих липидов в плазме крови морских чаек (*Larus marinus L.*) при экспериментальном заражении цестодами сем. *Hymenolepididae* и трематодами сем. *Heterophyidae*

Биохимические исследования позволили установить, что определяющим фактором в паразито-хозяйинных отношениях является не только видовая принадлежность, но и интенсивность инвазии, а также возраст хозяина. Птенцы и слетки первого года жизни наиболее остро реагировали на присутствие гельминтов в организме – вероятно, в силу слабого развития иммунной системы, недостаточных резервов источников энергии в организме и особенностей питания, в котором доля беспозвоночных прибрежного комплекса, как правило, была выше, чем у взрослых птиц [13].

Многолетние исследования дают все основания полагать, что паразитологическая ситуация в Баренцевом море очень динамична, поэтому данные по составу гельминтофауны нельзя считать окончательными ни для какого-либо вида птиц, ни для какого-либо географического района. Расширение ареалов промежуточных хозяев может привести к появлению очагов гельминтозов в тех местах, где они ранее не отмечались. Так, весьма вероятным представляется увеличение видового разнообразия трематод у птиц арктических архипелагов. Наряду с литоринами, в районе арх. Шпицберген обнаружены поселения мидий и, в случае заноса чайками-бургомистрами яиц трематод семейства *Echinostomatidae* из районов зимовки (заражение зимующих бургомистров этими паразитами было отмечено в Кольском заливе), в наличии будут все необходимые условия для циркуляции таких трематод в прибрежных экосистемах архипелага. Поэтому мониторинг многолетних изменений паразитологической ситуации является одной из важнейших задач будущих исследований.

Другим перспективным направлением следует считать расширение географии проводимых работ, в первую очередь, в восточном направлении с охватом районов Печорского и Карского морей. Особые экологические условия и видовой состав промежуточных и окончательных хозяев дают все основания для пополнения знаний как о гельминтах северных птиц, так и об особенностях функционирования паразитарных систем в этих регионах [20]. К настоящему времени уже проведен первичный анализ материала от чаек Байдарацкой губы, по результатам которого впервые в Заполярье обнаружена кишечная форма шистозомных трематод *Ornitobilharzia canaliculata*, а интенсивность инвазии некоторыми цестодами значительно превышает среднестатистические данные по птицам Баренцева моря.

Кроме того, значительный интерес в плане паразитологии представляют так называемые «синантропные» группировки птиц в населенных пунктах Мурманской области. В их рационе значительно уменьшена доля кормов, добываемых в море и на побережье, и одновременно возрастает значение пищи, добываемой в городских ландшафтах. Обследование таких птиц позволит получить хороший сравнительный материал для определения степени косвенного антропогенного влияния на паразитофауну. По имеющимся предварительным данным, полученным при изучении серебристых чаек городской группировки г. Мурманск, изменения в видовом составе гельминтов пока незначительные, но наблюдается заметное снижение количественных показателей инвазии.

В области биохимии актуальным и перспективным представляется изучение трофических взаимоотношений паразитов и птиц, прежде всего, влияния гельминтов на пищеварительные функции хозяев, поскольку большинство паразитов обитает в желудочно-кишечном тракте. На начальных этапах было установлено, что активность ряда протеолитических ферментов в кишечнике моевок снижалась при заражении ленточными червями семейства *Tetrabothriidae* [21]. Таким образом, цестоды ослабляют эффективность работы пищеварительных систем хозяина и облегчают отнятие у него пищи. Продолжение исследований в указанном направлении позволит определить особенности влияния на пищеварение птиц разных групп гельминтов, а сравнение полученных данных с результатами ранее сделанных работ на рыбах и млекопитающих выявит сходства и различия в функционировании системы «паразит-хозяин» у животных, находящихся на разных ступенях эволюции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Исайчиков И.М.* К познанию паразитических червей некоторых групп позвоночных русской Арктики: тр. // Морск. науч. ин-т. 1928. Т. 3. Вып. 2. С. 5-79.
2. *Ляйман Э.М., Мудрецова К.А.* К фауне паразитических червей птиц Мурмана // Работы Паразитологической лаборатории 1-го М.Г.У. М., 1926. С. 38-46.
3. *Скрябин К.И.* Изучение гельминтологической коллекции, собранной экспедицией Г.Я. Седова к Северному полюсу. 1912-1914 гг.: тр. // Гос. ин-т экспер. ветеринарии. 1926. Т. 4. Вып. 1. С. 114-122.
4. *Baylis H.A.* A collection of *Entozoa*, chiefly from birds, from the Murman coast // Ann. Mag. Nat. Hist. (ser. 9). 1919. Vol. 3. P. 501-513.
5. *Белопольская М.М.* Паразитофауна морских водоплавающих птиц // Ученые записки ЛГУ. Сер. биол. 1952. Вып. 28. № 141, С. 127-180.
6. *Марков Г.С.* Возрастные изменения паразитофауны Новоземельской кайры // Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. 1937. Т. 66. Вып. 3. С. 456-465.
7. *Марков Г.С.* Паразитические черви птиц губы Безымянной (Новая Земля) // ДАН СССР. 1941. Т. 30, № 6. С. 573-576.
8. *Галактионов К.В., Куклин В.В., Ишкулов Д.Г., Галкин А.К., Марасаев С.Ф., Марасаева Е.Ф., Прокофьев В.В.* К гельминтофауне птиц побережья и островов Восточного Мурмана (Баренцево море) // Экология птиц и тюленей в морях северо-запада России. Апатиты, 1997. С. 67-153.
9. *Куклин В.В., Галкин А.К., Марасаев С.Ф., Марасаева Е.Ф.* Особенности гельминтофауны морских птиц архипелага Шпицберген // ДАН. 2004. Т. 395. № 2. С. 280-282.
10. *Галактионов К.В., Марасаев С.Ф., Марасаева Е.Ф.* Паразиты в прибрежных экосистемах // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты, 1994. С. 204-211.
11. *Куклин В.В.* Сравнительный экологический анализ гельминтофауны морских водоплавающих птиц Новой Земли и Восточного Мурмана // ДАН. 2000. Т. 371. № 1. С. 139-141.
12. *Куклин В.В.* К гельминтофауне морских птиц губы Архангельской (Северный остров Новой Земли) // Паразитология. 2001. Т. 35. Вып. 2. С. 124-134.
13. *Куклин В.В., Куклина М.М.* Гельминты птиц Баренцева моря: фауна, экология, влияние на хозяев. Апатиты, 2005. 290 с.
14. *Ишкулов Д.Г., Куклин В.В.* К фауне химастрин Восточного Мурмана // Паразитология. 1998. Т. 32. Вып. 1. С. 84-94.
15. *Куклин В.В.* Паразитические плоские черви чаек рода *Larus* Баренцева моря: матер. IV Всерос. съезда Паразитологического общества при РАН «Паразитология в XXI веке: проблемы, методы, решения», СПб, 20-25 октября 2008 г. СПб., 2008. Т. 2. С. 106-111.
16. *Куклин В.В., Куклина М.М., Марасаев С.Ф., Кисова Н.Е.* Сезонная динамика гельминтофауны чаек рода *Larus* Баренцева моря (на примере Западного Мурмана) // ДАН. 2006. Т. 410. № 1. С. 136-138.
17. *Sagerup K., Savinov V., Savinova T., Kuklin V., Muir D.C.G., Gabrielsen G.W.* Persistent organic pollutants, heavy metals and parasites in the glaucous gulls (*Larus hyperboreus*) on Spitsbergen // Environmental Pollution. 2009. Vol. 157. P. 2282-2290.
18. *Куклина М.М., Куклин В.В.* Особенности белкового обмена серебристых чаек (*Larus argentatus* Pontop.) при инвазии трематодами *Himasthla larina* (Trematoda: Echinostomatidae) // Изв. РАН. Сер. биол. 2007. № 5 С. 469-473.
19. *Куклина М.М., Куклин В.В.* Динамика физиологических параметров птенцов морской чайки (*Larus marinus*) при экспериментальном заражении цестодами *Microsomacanthus ductiluc* (Cestoda: Hymenolepididae) // Паразитология. 2008. Т. 42. № 1. С. 21-30.
20. *Галактионов К.В., Марасаев С.Ф.* Экологический анализ фауны трематод бентических моллюсков в юго-восточной части Баренцева моря // Паразитология. 1986. Т. 20. Вып. 6. С. 455-460.
21. *Куклина М.М., Куклин В.В., Ежов А.В.* Влияние гельминтной инвазии на пищеварительную активность моевок (*Rissa tridactyla*) из разных возрастных групп // ДАН. 2009. Т. 425. № 3. С. 422-425.

Сведения об авторе

Куклин Вадим Владимирович – к.б.н., зав. лабораторией, e-mail: mmbi@mmbi.info

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ШПИЦБЕРГЕНЕ КАК ДЕЙСТВЕННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Н.К. Белишева¹, А.Н. Виноградов¹, Э.В. Вашенюк²,
Н.И. Цымбалюк³, С.А. Черноус²,

¹ Кольский научный центр РАН

² Полярный геофизический институт КНЦ РАН

³ Больница рудника Баренцбург ФГУП «Арктикуголь»

Аннотация

Обсуждается возможность проведения на арх. Шпицберген комплексных, междисциплинарных медико-биологических и геофизических исследований для изучения биоэффективности космической погоды. Обосновывается уникальность арх. Шпицбергена для проведения медико-биологических исследований. Приводятся результаты анализа динамики заболеваемости в российских поселках на Шпицбергене с 1980 по 2008 г. и показывается ее связь с «космической погодой».

Ключевые слова:

медико-биологические исследования, космическая погода, арх. Шпицберген.

Что такое космическая погода?

Еще в глубокой древности люди осознали, что и Земля, и само человечество подвержены воздействию таинственных сил Вселенной. Эти представления нашли отражение в теории «космического резонанса», созданной натурфилософами Древнего Китая второй половины III в. до н.э. Так, в трактате «Люйши чуньцю» утверждается, что «переходы» в макрообъектах (космосе) детерминируют определенные изменения на уровне подсистем – социума или индивида [1]. Другими словами, изменения в космической среде определяет то, что произойдет на Земле.

Воздействию космоса на земные процессы особое значение придавали наши соотечественники А.Л. Чижевский, В.И. Вернадский, К.Э. Циолковский, Л.Н. Гумилев, французский исследователь «феномена человека» Пьер Тейяр де Шарден. В своем труде «Земное эхо солнечных бурь» А.Л. Чижевский писал: «...Живое связано со всей окружающей природой миллионами невидимых, неуловимых связей... Наружный лик Земли, и жизнь, наполняющая его, являются результатом творческого воздействия космических сил... Жизнь... в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли. Она живет динамикой этих сил, и каждое биение органического пульса согласовано с биением космического сердца – этой грандиозной совокупности туманностей, звезд, Солнца, планет» [2].

Благодаря работам А.Л. Чижевского появилось такое направление в науке, как гелиобиология, изучающая влияние солнечной активности (СА) на земные организмы. Освоение космического пространства позволило не только идентифицировать агенты, посредством которых Солнце оказывает воздействие на оболочки Земли, но также ввести понятие космической погоды. Одним из первых употребил это словосочетание А.Л. Чижевский еще в начале XX века, затем оно возродилось в среде космонавтов в 1960-е гг. и впоследствии стало широко применяться для характеристики состояния межпланетной среды (МПС) и влияния СА на земные процессы.

Что же подразумевается под космической погодой? В сегодняшнем понимании термина – это состояние МПС, обусловленное вариабельностью СА, и события, разыгрывающиеся при взаимодействии солнечной плазмы с магнитосферой Земли. Космическая погода модулируется СА, которая не только определяет состояние МПС, но и оказывает непосредственное воздействие на околосолнечное космическое пространство, магнитосферу и атмосферу Земли. Первые вестники солнечных бурь приходят на Землю в высоких широтах. Именно поэтому основные наземные наблюдения за изменением космической погоды выполняются на высокоширотных станциях, и Кольский научный центр РАН является одним из мировых лидеров в этом направлении арктических исследований. Научная база КНЦ РАН в пос. Баренцбург, созданная в начале 1980-х гг. для проведения комплексных геофизических, радиофизических и биолого-экологических исследований на арх. Шпицберген имеет особое значение для наблюдений за космической погодой [3]. В 2000-2009

гг. усилиями Полярного геофизического института КНЦ РАН и Кольского филиала Геофизической службы РАН комплекс мониторинговых исследований на геофизическом полигоне в Баренцбурге был существенно расширен. Установка на полигоне современной высокочувствительной аппаратуры позволила обеспечить круглогодичный контроль важнейших индикаторов космической погоды (таких, как вариации потоков космических лучей (КЛ), резонансные явления в геомагнитном поле (ГМП), магнитосферные возмущения, проявления полярных сияний, авроральных и геомагнитных пульсаций), а также отслеживать реакцию литосферы и криосферы на процессы в ионосфере путем регистрации вариаций сейсмической эмиссии и инфразвуковых полей в атмосфере. В 2009-2010 гг. на правительственном уровне были приняты решения о включении геофизического полигона РАН в Баренцбурге в состав создаваемого на архипелаге Российского национального научного центра, что открывает перспективу расширения спектра исследований и создает благоприятные условия для координации работ по междисциплинарным проблемам.

Космическая погода влияет не только на геофизические процессы в арктической природной среде, но воздействует и на арктическую биоту, в том числе и на население приполярных регионов [4, 5]. Изучению воздействия СА на биосферу, различные биосистемы, включая организм человека, посвящены многочисленные работы однако значение вариаций геокосмических агентов, ассоциированных с СА, для функционального состояния биосистем, их развития и эволюции, здоровья человека до сих пор исчерпывающим образом не оценено. Это связано, с одной стороны, со сложной природой СА и, соответственно, с различным временным разрешением трансляции возмущений в МПС, вызванных СА, в околоземное пространство, с другой стороны, с трудностями оценки биоэффективности отдельных компонент геокосмического комплекса, ассоциированного с СА. Поэтому представляется важным проводить комплексные и междисциплинарные геофизические и медико-биологические исследования, сопряженные по месту и времени наблюдений именно там, где феномены космической погоды проявляются в большей степени. В этом отношении геофизический полигон на Шпицбергене является уникальным местом для проведения совместных геофизических и медико-биологических исследований.

Шпицберген как полигон для индикации космической погоды

Географическое и геомагнитное расположение Шпицбергена предоставляет уникальную возможность для изучения космической погоды и ее воздействия на организм человека. Шпицберген (нем. *Spitzbergen*, др. русск. *Грумант*, норв. *Svalbard*) является обширным полярным архипелагом, расположенным в Баренцевом море, между $76^{\circ}26'$ и $80^{\circ}50'$ северной широты и 10° и 32° восточной долготы. Архипелаг находится в области Земли с максимальной напряженностью геомагнитного поля (ГМП). Напряженность убывает с севера на юг, что позволяет сравнивать между собой широтную биоэффективность воздействия ГМП, сопоставляя ряды синхронных наблюдений на эколого-геофизических полигонах КНЦ РАН, расположенных на Шпицбергене («Баренцбург»), Кольском полуострове («Имандра») и в Воронежской области («Эковит») – от 78 до 50° с.ш.

Главная особенность Шпицбергена состоит в том, что он расположен в особой области на поверхности планеты, практически не защищенной магнитным экраном Земли (магнитосферой) от вторжения заряженных частиц из космоса. В эту «брешь», или своеобразную воронку на дневной стороне магнитосферы, названную «каспом» (рис. 1), устремляются потоки солнечной плазмы, которые, в определенных условиях, могут прорываться внутрь магнитосферы мощными плазменными струями. Беспрепятственное вторжение солнечных частиц в области каспа приводит к множественным геофизическим и метеорологическим явлениям, отражающимся на состоянии биосферы, включая организм человека [5]. Во время солнечных вспышек именно из области каспа начинаются геомагнитные возмущения, которые приводят к возникновению магнитных бурь. Даже в спокойный период в области каспа отмечаются явления, которые могут воздействовать на состояние организма. Так, в области полярного дневного каспа постоянно регистрируются потоки электронов с энергией $100-200$ эВ и плотностью частиц $10^{-2}-10^{-3}$ см², которые проникают в магнитосферу из солнечного ветра через дневной касп и распространяются вплоть до высот порядка 1000 км. Потоки этих частиц генерируют очень низкочастотный шум (ОНЧ) в широком диапазоне частот [6], который может обладать высокой биоэффективностью [7].

Взаимодействие солнечного ветра (СВ) с магнитосферой Земли порождает и такие вариации ГМП, как пульсации, частота колебаний которых лежит в диапазоне низкочастотных биологических ритмов [7]. В наших работах была сделана попытка ввести специальные индексы, позволяющие оценить биологические эффекты короткопериодных колебаний, благодаря чему удалось показать, что функциональное состояние

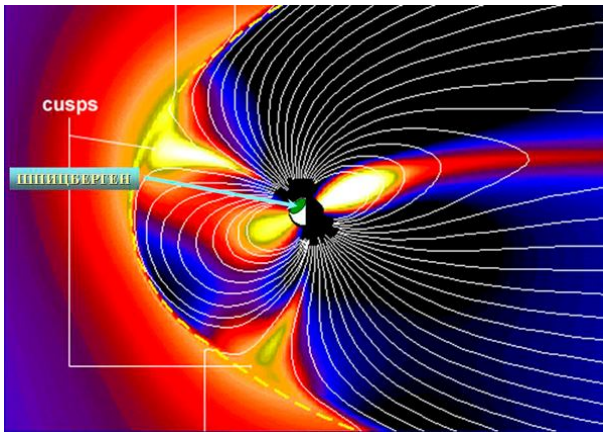


Рис. 1. Модель магнитосферы Земли, где показаны полярные каспы на дневной стороне магнитосферы. Голубая стрелка указывает на пребывание Шпицбергена в области северного полярного каспа. Рисунок взят с сайта: <http://pluto.space.swri.edu/IMAGE/glossary/cusp.html>

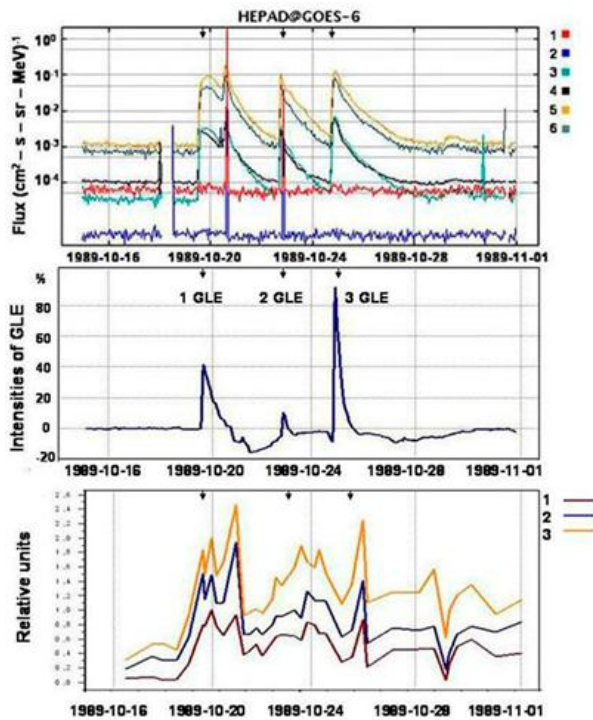


Рис. 2. Синхронное возрастание плотности потоков солнечных высокоэнергичных частиц (верхний рисунок), скорости нейтронного счета по ст. Апатиты (ПГИ КНЦ РАН), (средний рисунок) и появление многоядерных клеток в трех клеточных линиях, растущих в культуре: рыбы (коричневая линия), хомяка (синяя линия) и мыши (желтая линия) (нижний рисунок)

мозга зависит от спектральных характеристик вариаций ГМП [8]. Поскольку указанные исследования были проведены в Субарктике, то можно ожидать, что на Шпицбергене эффекты воздействия пульсаций на состояние организма будут еще более выраженными.

Геомагнитные пульсации характеризуются квазипериодической структурой с диапазоном частот от тысячных долей герца до нескольких герц. Верхняя частота пульсаций определяется гирочастотой протонов в магнитосфере, на земной поверхности это соответствует частотному диапазону порядка 3-5 Гц, которому соответствуют диапазоны дельта- и тета-ритмов мозга человека. К дневным пульсациям, наблюдаемым на земной поверхности, относятся широкополосные иррегулярные пульсации диапазона Pc5 ($f \sim 1,5-5,0$ мГц) с амплитудой порядка 15-60 нТл, названные В.А. Троицкой *ipcl* (*irregular pulsations cusp latitudes*). Частота таких пульсаций соответствует сверхмедленным ритмам мозга [9]. Эти колебания носят устойчивый характер и продолжаются в зависимости от уровня геомагнитной возмущенности от 2 до 10 часов [10]. Пульсации типа *ipcl* наблюдаются практически ежедневно, однако летом их амплитуда много больше, чем зимой.

Особый интерес представляют длиннопериодные квазипериодические магнитные возмущения с периодами 15-40 мин и амплитудой порядка 60-400 нТл, названные *vlp* (*very long period*) [10]. Амплитуда таких пульсаций максимальна вблизи полярной границы каспа и быстро снижается с уменьшением широты. Кроме того, на широтах Шпицбергена в вечернее и ночное время возможно появление импульсных всплесков геомагнитных пульсаций диапазона P12-P13, а в дневном секторе появление квазимонохроматических шумовых колебаний в диапазоне Pc3-4, амплитуда которых в высоких широтах, по сравнению со средними, может возрастать на порядок и больше [11]. Несмотря на то, что спектральный частотный диапазон пульсаций полностью перекрывает все частотные характеристики ритмов мозга, а на широте Шпицбергена типичные для средних широт аккорды частот и их интенсивность претерпевают разительные перестройки, значение пульсаций для состояния организма человека практически не изучено.

Космическая погода отражается также в вариациях интенсивности космических лучей (КЛ) у поверхности Земли. В области каспа

единственным препятствием для проникновения частиц солнечного и галактического происхождения к поверхности Земли является толщина атмосферы, которую могут преодолеть только частицы с достаточной для этого энергией. И поскольку магнитного препятствия в области дневного каспа на пути частиц нет, то

интенсивность различных компонент КЛ у поверхности Земли в полярной шапке выше, чем на более низких широтах. Первые шаги в оценке вклада КЛ в изменчивость и эволюцию биосистем были сделаны в период супер событий в солнечных КЛ в сентябре-октябре 1989 г. [12]. Было показано, что возрастание потока солнечных протонов в околоземном пространстве, ассоциированное с наземным увеличением скорости нейтронного счета (Ground Level Enhancement), приводит к синхронному возрастанию многоядерных клеток в различных клеточных линиях, растущих вне организма (рис. 2). В дальнейшем было выявлено, что вариации КЛ и ГМП в результате кооперативного воздействия модулируют функциональное состояние организма человека. Такая модуляция проявляется в изменении иммунных реакций и характере взаимодействия организма с патогенной и непатогенной микрофлорой [13-15], в колебаниях состояния сердечно-сосудистой системы [16, 17], в неустойчивости психоэмоционального состояния [18, 19].

Медико-биологические исследования на Шпицбергене

Изучение особенностей адаптации человека на Севере привело к обнаружению общих клинических симптомокомплексов, названных «синдромом полярного напряжения» [20]. Этот синдром проявляется в "полярной" одышке, психоэмоциональной лабильности, астенизации, снижении работоспособности и других признаках дестабилизации психических, соматических и вегетативных функций организма, возникающих при жизни на Севере. Однако на Шпицбергене были проведены только отдельные исследования по выявлению воздействия факторов арктической среды на состояние организма человека.

В частности, в рамках международной российско-норвежской программы «Svalbard-2» Архангельским филиалом Института морфологии человека АМН СССР под руководством А.В. Ткачева было выполнено комплексное исследование по выявлению воздействия факторов арктической среды на функциональное состояние организма шахтеров на Шпицбергене. Было показано, что биохимические процессы, состояние эндокринной системы и иммунологические реакции у шахтеров в большей степени зависят от фотопериодизма, чем фактора сезонности [21]. К сожалению, в этих исследованиях не учитывалось воздействие на организм человека вариаций геофизических агентов, связанных с СА, фотопериодизмом и временем года. Попытка оценить влияние геофизических агентов на состояние организма шахтеров была сделана в 1989 г. (год самого активного Солнца в космической эре и, следовательно, максимального «штормового» проявления космической погоды). Было показано, что в рабочих поселках ФГУП «Арктикуголь» на арх. Шпицберген, где постоянно проживали около 2.5 тыс. чел., в 1989 г. произошел всплеск показателей травматизма и смертности, связанной с несчастными случаями на производстве, инфарктами, скоротечными болезнями, самоубийствами и серьезными нарушениями психики [22]. Эти данные хорошо согласуются с результатами исследований, проведенных в субарктических регионах [8, 16-19], которые показали, что вариации ГМП, ассоциированные с СА, могут существенным образом модулировать психофизиологическое и психоэмоциональное состояние организма человека. Подтверждением возможности влияния вариаций ГМП на здоровье человека на Шпицбергене явились результаты экспериментов, проведенных сотрудниками ПГИ КНЦ РАН. В результате мониторинга вариабельности сердечного ритма (ВСР), проведенного в Баренцбурге в 2001-2002 гг. с применением неинвазивной компьютеризированной аппаратуры «Кардиоанализатор-ВР», было показано, что у большинства испытуемых параметры ВСР связаны с вариациями ГМП [23, 24].

Системные научные изыскания в области адаптации организма человека на Шпицбергене были инициированы Координационным советом по полярной медицине Арктического и Антарктического НИИ Росгидромета (ААНИИ). Была разработана программа исследований в Баренцбурге, в которой методам неинвазивной диагностики и оценке психоэмоционального состояния организма человека отводились ключевые позиции. К сожалению, в соответствии с этой программой в 2002 г. был осуществлен лишь первый этап исследований на Шпицбергене [25], дальнейшего развития эта программа не получила.

Определенный вклад в оценку зависимости состояния организма человека от вариаций гелиогеофизических агентов на Шпицбергене может дать анализ материала медицинской статистики, которая велась в больницах рудников «Баренцбург» и «Пирамида» ФГУП «Арктикуголь». Преимущество статистического материала состоит в том, что он представляет достаточно длинный ряд данных по структуре заболеваемости, который включает несколько циклов СА. Результаты совместного анализа динамики медико-статистических данных и вариаций показателей СА могут дать представление о возможных механизмах воздействия космической погоды на организм человека.

Медико-статистические исследования на Шпицбергене в 2009 г.

После Второй мировой войны в поселках Баренцбург (рис. 3) и Пирамида была создана близкая к идеалу социальная инфраструктура, которая обеспечивала оптимальные условия для здоровой жизни и производительного труда шахтеров и членов их семей. Эта инфраструктура включала спорткомплекс с бассейном, бесплатное питание в столовой со сбалансированной диетой, детский сад и школу, агрокомплекс с тепличным хозяйством и молочной фермой, Дом культуры с художественной самодеятельностью. Жители поселков Баренцбург и Пирамида прибывали на арх. Шпицберген практически здоровыми, поскольку на материке проходили жесткий медицинский контроль [26]. Это касалось и женщин, в основном детородного возраста, с хорошим здоровьем, труд которых в поселке не был связан с тяжелыми условиями и с профессиональной вредностью. Поэтому заболеваемость в поселках шахтеров отражает либо приобретенные болезни, либо проявление скрытых хронических заболеваний, не выявленных на материке.



Рис. 3. Баренцбург, 2009 г.

Основой для анализа структуры заболеваемости населения российских поселков на Шпицбергене явились ежегодные статистические отчеты по структуре заболеваемости больницы рудника «Баренцбург» (1980-2000 гг.; 2006-2008 гг.) и больницы рудника «Пирамида» (1991-1998 гг.). Причем, при наличии ежемесячной отчетности, отдельно анализировалась и ежемесячная динамика структуры заболеваемости (больница рудника «Баренцбург» 1985-1993 гг.) Материалом для исследований служило нормированное на 1 тыс. чел. число случаев определенных классов заболеваемости в ее общей структуре. С 1980 по 1998 гг. среднее число жителей в каждом российском поселке (Баренцбург и Пирамида) составляло около 1 тыс.

чел. В 1998 г. рудник «Пирамида» был закрыт, а численность работающих в Баренцбурге сократилась до 885 человек, включая 140 женщин. С 2006 по 2008 гг. численность работающих уменьшилась до 500 человек, а количество женщин составило около 100 человек.

Для выявления связи структуры заболеваемости с «космической погодой» на Шпицбергене были отобраны следующие гелиогеофизические данные: ежемесячные и среднегодовые показатели СА (число солнечных пятен или числа Вольфа, <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsunspotnumber.html>); показатели интенсивности КЛ, оцененные по скорости нейтронного счета, скорректированного на давление (станции нейтронных мониторов ПГИ КНЦ РАН в г. Апатиты и Баренцбурге); суммарные значения (по месяцам и годам) случаев наземного возрастания вторичных потоков солнечных частиц – Ground Level Enhancement (GLE) (<http://aadc-maps.aad.gov.au/aadc/gle/events.cfm>). Статистический анализ данных проводили с применением программного обеспечения Statistica 6.0, построение графиков осуществлялось с помощью пакета программ ORIGIN 5.0.

Анализ всего массива данных по структуре заболеваемости в поселках Баренцбург и Пирамида с 1980 по 2008 гг. показал, что медицинские отчеты за разные годы не равноценны по качеству и количеству содержащейся информации. Поэтому мы сформировали несколько целевых выборок, учитывающих ежегодную суммарную структуру заболеваемости по Баренцбургу и Пирамиде, отдельную заболеваемость по поселкам, а также ежемесячную заболеваемость в Баренцбурге с 1985 по 1993 гг.

Для выявления связи между заболеваемостью и СА был проведен корреляционный матричный анализ со всеми показателями по независимым массивам данных. По результатам этого анализа были отобраны определенные классы заболеваемости, имеющие значимые коэффициенты корреляции с показателями СА (табл. 1). Как видно из табл. 1, солнечная активность, выраженная через числа Вольфа, имеет положительные и отрицательные связи с определенными классами заболеваемости. Возрастание СА ассоциировано с увеличением случаев заболеваний периферической нервной системы, болезней почек и мочевого пузыря, осложнений беременности и послеродового периода, инфекциями кожи и подкожной клетчатки, болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани.

И, напротив, снижение СА приводит к уменьшению числа случаев заболеваемости язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, а также уменьшению числа аборт. Во время солнечных протонных вспышек, связанных с наземным увеличением потоков солнечных частиц

(GLE) и с магнитными бурями планетарного масштаба, возрастает число случаев психических (рис. 4) расстройств, болезней артерий, артериол и вен (рис. 5), а также осложнений беременности (рис. 6) и количества аборт (рис. 7). Определенным дополнением к характеру связи СА с различными классами заболеваемости могут служить и знаки коэффициентов корреляции с интенсивностью КЛ, которая находится в противофазе с СА. Коэффициенты корреляции с КЛ показывают, что ишемическая болезнь сердца (по крайней мере, для контингента российских поселков), воспалительные процессы женских тазовых и половых органов не связаны с возрастанием СА и что снижение интенсивности КЛ, возможно, способствует проявлению этих заболеваний. Что же касается отрицательной значимой связи между интенсивностью КЛ и осложнениями беременности, инфекциями кожи и подкожной клетчатки, болезнями костно-мышечной и соединительной ткани, то она могла бы свидетельствовать об альтернативном влиянии на организм СА и КЛ.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между случаями заболеваемости определенными классами болезней и показателями солнечной активности: числами Вольфа, возрастанием потоков солнечных частиц у поверхности Земли (GLE), интенсивностью космических лучей (КЛ)

Классы болезней	Числа Вольфа	GLE	КЛ
Психические расстройства	0.30	0.39	-0.33
Болезни периферической нервной системы	0.27	-0.17	0.17
Ишемическая болезнь сердца и другие формы болезней сердца без гипертонии	0.03	0.08	-0.25
Болезни артерий, артериол и вен	0.13	0.70	-0.20
Обострение хронических заболеваний органов дыхания (бронхита, астмы др.)	-0.33	-0.45	0.25
Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки	-0.49	-0.23	0.39
Болезни почек и мочевых путей	0.43	0.02	-0.32
Воспалительные процессы женских тазовых органов и другие болезни женских половых органов	0.18	0.10	-0.32
Осложнения беременности и послеродового периода, кроме абортов (до и после отпуща по беременности и родам)	0.60	0.47	-0.64
Инфекции кожи и подкожной клетчатки	0.51	0.38	-0.73
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	0.39	0.16	-0.52
Аборты	-0.33	0.46	-0.22

Коэффициенты корреляции, выделенные курсивом, показывают уровень значимости при $p < 0.05$

Отчетная документация больниц Баренцбурга и Пирамиды не дает информации о доле случаев заболеваемости женского контингента в общую структуру заболеваемости, поэтому данные табл. 1 могут свидетельствовать лишь об общих тенденциях в характере связи между СА и определенными болезнями как у мужчин, так и у женщин. Вместе с тем, связь с СА таких исключительно женских форм заболеваемости, как осложнения беременности и количество абортов из-за физиологической невозможности вынашивания плода, указывает на существенное значение СА для состояния женского организма в условиях высоких широт.

При этом следует понимать, что сама СА не может являться причиной заболеваний. Она порождает последовательность сложных геокосмических процессов, которые на поверхности Земли реализуются в форме геомагнитных возмущений и разнообразных процессов в атмосфере. Именно эти геофизические агенты, ассоциированные с СА, и могли бы непосредственно воздействовать на функциональное состояние организма. Женский организм, особенно в период функциональной перестройки, обусловленной беременностью и родами, по-видимому, является наиболее чувствительной мишенью к такому воздействию. Косвенно это подтверждают не только результаты нашего исследования, но также и литературные данные, указывающие на то, что сезонные особенности течения беременности и исхода родов, состояние здоровья новорожденных в какой-то мере определяются метеорологическими и гелиогеофизическими факторами [27].

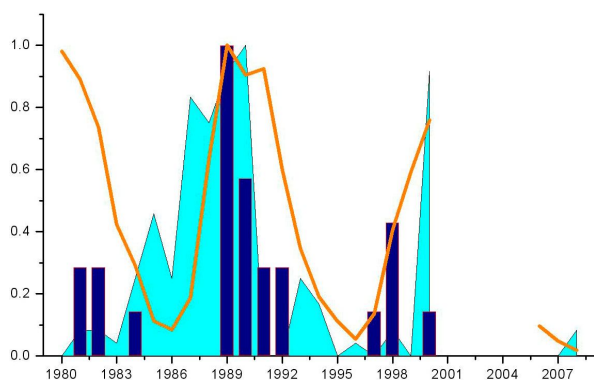


Рис. 4. Психические заболевания (голубая область), случаи GLE (желтый цвет), числа Вольфа (оранжевый цвет). По оси абсцисс – годы; по оси ординат – нормированные значения показателей

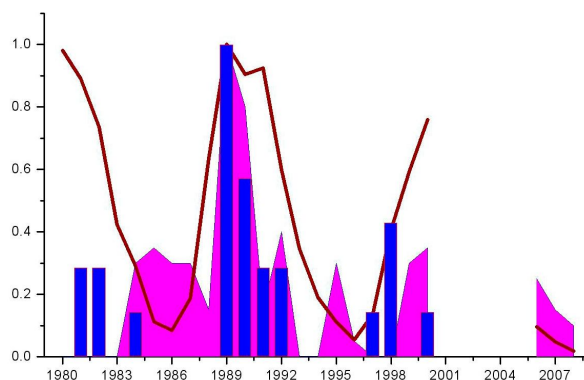


Рис. 5. Болезни артерий, артериол и вен (розовая область), случаи GLE (синий цвет), числа Вольфа (коричневый цвет). По оси абсцисс – годы; по оси ординат – нормированные значения показателей

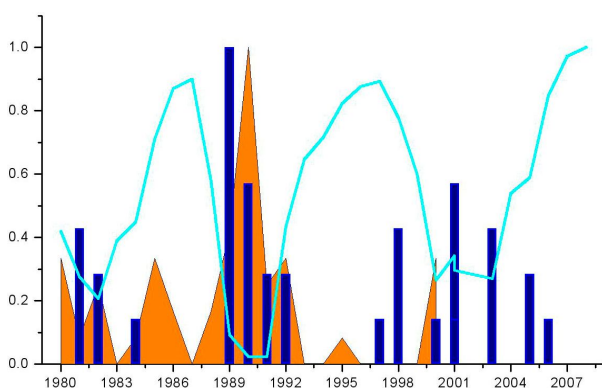


Рис. 6. Случаи осложнения беременности (оранжевый цвет), GLE (синий цвет), вариации интенсивности КЛ (голубой цвет). По оси абсцисс – годы; по оси ординат – нормированные значения показателей

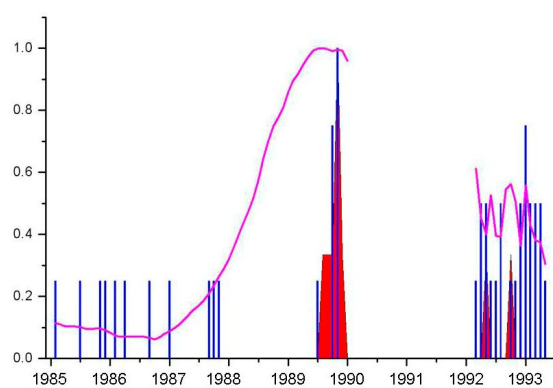


Рис. 7. Ежемесячное число случаев абортов в Баренцбурге с 1985 г. по июнь 1993 г. (синий цвет), случаи GLE (красный цвет), числа Вольфа (розовый цвет). С января 1990 по декабрь 1991 – данные отсутствуют. По оси абсцисс – годы; по оси ординат – нормированные значения показателей

Полученные результаты показывают, что определенные классы заболеваемости на Шпицбергене связаны с СА и ассоциированными с ней геофизическими агентами. А это означает, что комплексные медико-биологические и геофизические исследования на Шпицбергене позволят разработать основу для долговременного прогноза заболеваемости населения в высоких широтах в зависимости от космической погоды.

Систематические медико-биологические исследования на Шпицбергене с применением регистрирующей неинвазивной аппаратуры, позволяющей в реальном времени оценивать динамические характеристики состояния организма, имеют первостепенное значение для изучения биоэффективности космической погоды. Такие исследования позволят прогнозировать возможные эффекты колебаний геофизических маркеров космической погоды для состояния организма людей, работающих в Западном секторе Арктической зоны России, и предпринимать адекватные профилактические меры для снижения риска неблагоприятных последствий.

Данная работа поддержана грантом РФФИ и Администрацией Мурманской области, проект № 10-04-98809-р_север_a «Оценка воздействия природных факторов среды и горнорудного производства на организм человека в Евро-Арктическом регионе».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ткаченко Г.А.* Космос, музыка, ритуал / ред. Б.Л. Рифин. М.: Наука, 1990. 284 с. 2. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1973. 349 с. 3. Наука на Шпицбергене: История российских исследований / под науч. ред. акад. В.Т. Калининкова. СПб.: ГАМАС, 2009. 408 с. 4. *Белишева Н.К., Черноус С.А., Виноградов А.Н., Григорьев В.Ф., Булдаков М.И., Федоренко Ю.В., Тоичкин Н.А.* Изучение зависимости функционального состояния организма человека от глобальных и локальных вариаций геокосмических агентов в условиях Заполярья / отв. ред. А.Н. Виноградов // Научное обеспечение развития технобиосферы Заполярья: база знаний и пакет инновационных предложений. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. С. 23-54. 514 Мб (компакт-диск). 5. *Belisheva N.K., Tsybalyuk N.I., Vashenyuk E.V.* Disease incidence at Spitsbergen as result of solar-terrestrial connections // 33rd Annual Seminar and Young Scientist School "Physics of Auroral Phenomena". Apatity, 2010. 3-6 March. С. 83. 6. *Голиков Ю.В., Пустовалов В.В., Романов А.Б., Силин В.П., Тихончук В.Т., Троицкая В.А.* О природе электромагнитного излучения низкой частоты в полярной шапке // Письма в ЖЭТФ. 1975. Т. 22. Вып. 1. С. 3-7. 7. *Владимирский Б.М., Темуриянц Н.А., Нарманский В.Я.* Космические ритмы: в магнитосфере, атмосфере, в среде обитания, в биосфере, ноосфере, земной коре / под ред. проф. С.Э. Шноля. Симферополь, 1994. 173 с. 8. *Белишева Н.К., Попов А.Н., Петухова Н.В. и др.* Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека // Биофизика. 1995. Вып. 5. С. 1005-1012. 9. *Аладжолова Н.А.* Психофизиологические аспекты сверхмедленной ритмической активности головного мозга. М., 1979. 214 с. 10. *Клейменова Н.Г., Большакова О.В., Троицкая В.А., Фриис-Кристенсен Е.* Два типа длиннопериодных геомагнитных пульсаций вблизи экваториальной границы дневного полярного каспа // Геомагнетизм и аэрномия. 1985. Т. 25, № 1. С. 163-165. 11. *Козырева О.В., Клейменова Н.Г., Левитин А.Е., Ватерманн Ю.* Длиннопериодные геомагнитные пульсации в квазисопреженных областях Арктики и Антарктики в магнитную бурю 16-17 апреля 1999 г. // Геомагнетизм и аэрномия. 2006. Том 46. № 5. С. 657-670. 12. *Belisheva N.K., Semenov V.S., Tolstyh Y.V., Biernat H.K.* Solar Flares, Generation of Solar Cosmic Rays and Their Influence on Biological Systems // Proc. of the Second European Workshop on Exo/Astrobiology Graz, Austria, 16-19 September. 2002 (ESA SP-518, November 2002). P. 429-431. 13. *Белишева Н.К., Конрадов С.А.* Значение вариаций геомагнитного поля для функционального состояния организма человека в высоких широтах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С. 44-52. 14. *Белишева Н.К., Кужевский Б.М., Сигаева Е.А., Панасюк М.И., Жиров В.К.* Модуляция функционального состояния крови вариациями интенсивности нейтронов у поверхности Земли // ДАН. 2006. Т. 407, № 5. С. 687-691. 15. *Belisheva N.K., Kalashnikova I.V., Chebotareva E.N., Novikova T.B., Lammer H., Biernat H.K.* Cooperative influence of geocosmical agents on human organism // Physics of Auroral Phenomena / eds. I. V. Golovchanskaya, N. V. Semenov. Apatity. 2007. P. 221-224. 16. *Chernous S., Vinogradov A., Vlassova E.* Geophysical hazard for human health in the Circumpolar Auroral Belt: Evidence of a relationship between Heart Rate Variation and electromagnetic disturbances // Natural Hazards (Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards. Special Issue on Geophysical Risks and Hazards) March. 2001. Vol. 23, № 2-3. P. 121-135. 17. *Белишева Н.К.* Кооперативное воздействие вариаций геомагнитного поля и космических лучей на состояние сердечно-сосудистой системы человека на Севере // Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар; СПб.: Политехника-сервис, 2009. С. 48-57. 18. *Белишева Н.К., Качанова Т.Л.* Глобальная модуляция психоэмоционального состояния человека геокосмическими агентами // сб. науч. докл. VII Междунар. конф. Экология и Развитие Северо-Запада России 2-7 августа, 2002, Санкт-Петербург. СПб., 2002. С. 110-118. 19. *Черноус С.А., Ролдугин В.К., Ронкко А., Виноградов А.Н.* Риск суицидов и гелиогеофизическая активность // Атлас временных природных, антропогенных и социальных процессов. М.: Янус-К, 2002. Т.3. С. 594-597. 20. *Казначеев В.П.* Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. 191 с. 21. *Ткачев А., Добродеева Л., Типисева Е., Щеголева Л.* Научно-исследовательская работа Института физиологии природных адаптаций УрО РАН // Parents newsletter on occupational health and safety. 2000. V. 3, № 1-2. P. 5-10. 22. *Шумилов О.И., Касаткина Е.А., Располов О.М.* Гелиомагнитная активность и уровень экстремальных ситуаций в полярной шапке // Биофизика. 1998. Т. 43. Вып. 4. С. 670-676. 23. Эксперимент по оценке отклика вариабельности сердечного ритма на вариации геомагнитного поля на Шпицбергене // Комплексные исследования природы Шпицбергена: материалы IV Междунар. конф. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. Вып. 4. С. 36-47. 24. *Белишева Н.К., Черноус С.А., Григорьев В.Ф., Цивка Ю.В.* Воздействие геокосмических агентов на здоровье человека в высоких широтах и возможности реабилитации зимовщиков Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. Вып. 5. С. 17-30. 25. *Горбунов Г.А., Сенкевич Ю.А., Смуров С.В.* Оценка адаптационных особенностей профессиональных групп населения поселка Баренцбург к экстремальным природно-климатическим условиям архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. Вып. 3. С. 220-226. 26. *Бузни Е.* Шпицбергенский дневник. 2008. Режим доступа: <http://www.proza.ru/2008/12/18/396> 27. *Никберг И.И., Ревуцкий Е.Л., Сакали Л.И.* Гелиометеотропные реакции человека. Киев: «Здоров'я», 1986. 144 с.

Сведения об авторах

Белишева Наталья Константиновна – д.б.н., начальник научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике, e-mail: natalybelisheva@mail.ru

Виноградов Анатолий Николаевич – к.г.-м.н., главный ученый секретарь, e-mail: vino@admks.apatity.ru

Вашенюк Эдуард Владимирович – д.ф.-м.н., зав. лабораторией, e-mail: vashenyuk@pgia.ru

Цымбалюк Николай Иванович – гл. врач больницы рудника «Баренцбург»

Черноус Сергей Александрович – к.ф.-м.н., помощник директора института, e-mail: chernouss@pgia.ru

ПРОЦЕССЫ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА НЕФЕЛИНСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДАХ (НА ПРИМЕРЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ОАО «АПАТИТ»)

Г.А. Евдокимова, В.Н. Переверзев¹, И.В. Зенкова, М.В. Корнейкова, В.В. Редькина
Институт проблем промышленной экологии Север КНЦ РАН

¹ Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

На отходах обогащения апатит–нефелиновых руд, биологическая рекультивация которых была проведена более 40 лет назад, протекает первичный почвообразовательный процесс, который характеризуется следующими признаками: формированием маломощной подстилки с содержанием органического углерода на уровне 8-12%, накоплением гумусовых веществ в подподстилочном слое, изменением реакции среды. Биокатализаторами процессов первичного почвообразования и одним из главных факторов, определяющих специфику этого процесса, являются микроорганизмы. Прокариотный комплекс новообразованных почв, сформировавшихся на нефелиновых песках, существенно отличается от прокариотного комплекса зональных почв на моренных отложениях. В нем доминируют грамположительные бактерии, в основном актинобактерии, в том числе и их мицелиальные формы, тогда как в зональных почвах преобладают грамотрицательные бактерии. Общими чертами фаунистических комплексов в нефелиновых песках являются низкое видовое разнообразие, заселение мелкоразмерными и быстроразвивающимися представителями микро- и мезофауны, зависимость сукцессии пионерных групп микроартропод от сукцессии бактерий и грибов. Рекультивация нефелиновых песков, выполненная 40 лет назад, создала предпосылки для формирования комплексов почвенной биоты, типичных для региональных подзолистых почв.

Ключевые слова:

процессы почвообразования, нефелиновые пески, органический материал, почвенная биота.

Отходы обогащения апатит-нефелиновых руд – нефелинсодержащие (далее нефелиновые) пески – представляют собой совершенно необычную для холодных гумидных условий почвообразующую породу. С широко распространенными в регионе моренными, морскими и флювиогляциальными песками, на которых сформировались господствующие здесь Al-Fe-гумусовые подзолы, нефелиновые пески роднит только гранулометрический состав: также как и в других почвообразующих породах, основную минеральную массу нефелиновых отходов составляют фракции мелкого песка (0.25-0.05 мм -29-31% в слое 0-15 см) и крупной пыли (0.05-0.01мм – 56-59%) при незначительном содержании илистых частиц (<0.001 мм – 2.4-3.0%). Особенностью гранулометрического состава нефелиновых песков является неоднородность его по глубинам, что является следствием влияния разных условий осадконакопления в процессе заполнения хвостохранилища.

Нефелиновые пески как объект биологической рекультивации. По валовому химическому составу нефелиновые пески резко отличаются от естественных четвертичных отложений (табл. 1). Показателем богатства или бедности почвообразующей породы может служить содержание в них SiO₂. Чем меньше содержится в породе этого элемента, тем выше содержание других элементов, в том числе биогенных, определяющих направление и интенсивность биогеохимических процессов в экосистемах. Песчаные породы с содержанием SiO₂ 80-85% относятся к богатым породам. Наиболее распространенные в Мурманской области морские и континентальные породы, представленные преимущественно песками и супесями, отличаются от аналогичных пород других северных регионов, более богатым химическим составом с содержанием SiO₂ 65-67%. Еще более богатым составом (SiO₂ >60%) характеризуется элювий нефелиновых сиенитов, на котором сформировались почвы тундрового пояса Хибин. В составе нефелиновых песков обычно содержится около 40% SiO₂, и по этому показателю они относятся к очень богатым по химическому составу породам. Нефелиновый песок содержит значительные запасы биогенных элементов – фосфора и калия. Поскольку апатит-нефелиновая руда не содержит кварца, Si в них представлен силикатами, в основном, нефелином (NaAlSiO₄). В процессе обогащения руды доля нефелина возрастает с 32 до 57%.

Таблица 1

Валовой химический состав нефелиновых и моренных песков, % на прокаленную навеску

Порода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
Нефелиновые пески	41.0±0.6	21.0±0.4	8.5±0.3	6.5±0.6	1.3±0.1
Моренные пески	65.7±1.3	13.8±0.5	5.4±0.3	4.1±0.3	2.1±0.2

Порода	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	K ₂ O	Na ₂ O
Нефелиновые пески	2.6±0.1	3.6±0.6	0.18±0.01	4.9±0.1	10.7±0.4
Моренные пески	0.9±0.1	0.4±0.1	0.12±0.01	2.2±0.3	3.7±0.1

Содержание Р в нефелиновых песках на порядок выше, чем в моренных породах, поскольку в них присутствует апатит, не полностью извлеченный при обогащении руды. Нефелиновые пески в отношении обеспеченности их фосфором отличаются и от окультуренных почв как с количественной, так и с качественной сторон. Они значительно больше содержат валового фосфора, но фосфор в них представлен только одним соединением – трехкальциевым фосфатом (апатитом). В почве же, помимо апатита, присутствуют другие минеральные соединения фосфора и, кроме того, некоторая часть фосфатов входит в состав органических соединений [1, 2]. Апатит слабо растворим при воздействии почвенных растворов, поэтому, несмотря на значительное содержание фосфора в нефелиновых песках, выращивание на них многолетних трав невозможно без внесения фосфорных минеральных удобрений.

Количество калия в хвостах также значительно большее, чем в морене. В среднем составляет 5%, что более чем в 2 раза превышает содержание этого элемента в окультуренных подзолистых почвах [3].

Нефелиновые пески как объект биологической рекультивации отличаются от зональных почв состоянием почвенного поглощающего комплекса и кислотно-основными характеристиками. Если все почвы, сформировавшиеся на четвертичных отложениях, характеризуются кислой средой, то нефелиновые пески имеют показатели рН в щелочном диапазоне как в водной, так и в солевой суспензиях (табл. 2). При длительном взаимодействии песков с растительным покровом в верхней части минерального профиля (до глубины 20 см) реакция среды в солевой суспензии переходила в кислый диапазон, а в более глубоких слоях оставалась щелочной. В водной суспензии реакция среды была щелочной по всем глубинам. Другие формы кислотности – гидролитическая и обменная – также характеризуется невысокими показателями, не свойственными зональным почвам.

Таблица 2

Средние показатели рН в нефелиновых песках и подзолах

Глубина, см	рН (H ₂ O)		рН (KCl)	
	Почва на песках	Подзол	Почва на песках	Подзол
0-1	7.1	4.3	5.8	3.5
1-5	7.5	4.7	6.2	3.8
5-10	7.6	5.1	6.4	4.6
20-60	8.2	5.5	7.1	5.0

Таким образом, реакция нефелиновых песков коренным образом отличается от реакции зональных почв. В то же время, распределение показателей рН как в песках, так и в почвах подчиняется общей закономерности: с глубиной реакция среды сдвигается в сторону нейтральных или щелочных показателей. В этом сказывается воздействие на минеральный профиль элювиальных процессов.

Исходные нефелиновые пески лишены органического вещества биологического происхождения. Наличие органического углерода в них обязано остаткам флотационных реагентов – смеси смоляных и жирных кислот, использовавшихся в технологическом процессе в тот период. Они довольно устойчивы во времени, о чем свидетельствует наличие органического углерода в нефелиновых песках 20-30-летнего «возраста». Содержание органического углерода техногенного происхождения в песках составляет 0.2-0.3%.

Таким образом, нефелин, составляющий основу минеральной массы песков, является нестойким минералом, который подвергается интенсивному выветриванию под воздействием кислых

растворов, в том числе гумусовых кислот. С этим связана чрезвычайно высокая подвижность элементов-биофилов, входящих в состав нефелиновых песков [4]. Почвообразующие породы, на которых сформировались зональные почвы Мурманской области, подобных свойств, в столь ярко выраженной форме, не имеют. С другой стороны, отсутствие в нефелиновых песках органического вещества и связанного азота, а также недоступность для растений больших запасов фосфора требуют решения задач по оптимизации питательного режима песков при выращивании на них растений в природоохранных и возможных хозяйственных целях. Нефелиновые пески пригодны для выращивания растений не только в целях закрепления их от ветровой эрозии, но и для создания продуктивных сельскохозяйственных угодий, что подтвердилось при проведении полевых опытных работ по выращиванию луговых трав на закрепленном хвостохранилище [5].

Новообразованные почвы на нефелиновых песках. Изучение состава и свойств почв, формирующихся на закрепленных растительностью нефелиновых песках, проводилось на законсервированном хвостохранилище, рекультивация которого осуществлялась с 1964 г. по 1984 г. путем посева многолетних злаковых трав. На части хвостохранилища, рекультивированной в 1964-1968 гг., сформировался растительный покров разной структуры в зависимости от эдафических условий (прежде всего, по-видимому, от характера увлажнения субстрата). Наряду со злаковыми травами, некоторое участие в напочвенном покрове принимают кустарники и кустарнички, разнотравье, в частности, красный клевер, а также мхи и лишайники, характерные для зональных фитоценозов. Древесный ярус представлен редкими экземплярами сосны и ели, высаженными в 1978 г. в процессе биологической рекультивации [6], и обильными зарослями березы 20-30-летнего возраста, проникшими в фитоценоз путем самосева после закрепления поверхности хвостохранилища многолетними травами. Встречаются редкие экземпляры ольхи и можжевельника. Прогалины, лишённые древесного и кустарничково-травяного ярусов, имеют сплошной мохово-лишайниковый покров.

Валовой химический состав почв наследуется ими от почвообразующих пород. Новообразованные почвы, возраст которых исчисляется несколькими десятилетиями, не могут существенно отличаться по химическому составу от пород, на которых они формируются. Свойственный породе богатый химический состав также характерен и для новообразованных почв. Среднее по всем разрезам содержание SiO_2 в почвах на нефелиновых песках составляет 41% на прокаленную навеску, в то время как в пахотном слое окультуренных подзолов оно превышает 65%. Суммарное содержание полуторных оксидов достигает почти 30%, щелочно-земельных оснований – 7.8%, щелочных металлов – 15.6%, из них на долю Na_2O приходится 10.7%. Как уже говорилось, нефелиновые пески содержат много фосфора в составе апатита, который остался в хвостах после обогащения руды. В почве запасы фосфора, естественно, сохранились. В нефелиновых песках и в почвах, на них сформировавшихся, отмечено довольно высокое содержание фтора – в среднем 0.34%. В зональных подзолах содержание этого элемента обычно составляет не более 0.01-0.2% [7]. Фтор входит в состав апатита (разновидность – фтор-apatит), с чем и связано обогащение им нефелиновых песков. Таким образом, начальное почвообразование на нефелиновых песках протекает в условиях очень богатого химического состава почвообразующих пород.

Органическое вещество новообразованных почв. Образование гумусовых веществ – специфических органических соединений, свойственных почвам, – является важнейшим признаком первичного почвообразовательного процесса – начального этапа формирования почвенного профиля. В результате трансформации микроорганизмами растительного опада на поверхности нефелиновых песков сформировался органогенный горизонт. В связи с малой мощностью (0.5-1.5 см) он обогащен минеральными частицами, поэтому содержание органического углерода в нем сравнительно небольшое – 8-11%. Средние данные содержания органического углерода по всем исследуемым экотопам представлены в табл. 3.

Таблица 3

Среднее содержание органического углерода

Горизонт (глубина, см)	Органический С, %	Коэффициент вариации, %
АО (подстилка)	7.66±1.445	46
АУ (дерновый)	0.54±0.025	9
5-10	0.34±0.019	13
10-20	0.31±0.029	23
20-30	0.28±0.025	22
30-40	0.28±0.027	23

Наибольшей пространственной изменчивостью величина органического углерода отличается в органогенном горизонте (коэффициент вариации составляет 46%). В верхних слоях минеральной толщи (в дерновом горизонте и на глубине 5-10 см) изменчивость незначительная (<10%) и средняя (10-20%) [8]. По этой причине различие в содержании органического углерода в этих горизонтах достоверное: разность средних составляет 0.2%, ошибка разности – 0.031%, критерий Стьюдента 6.5 ($t_{05}=2.31$). Следовательно, с достаточной достоверностью можно утверждать, что под влиянием биоты, трансформирующей растительные остатки, в образовавшемся дерновом горизонте произошло накопление органического вещества в количествах, превышающих содержание его в исходных нефелиновых песках.

Содержание водорастворимых соединений углерода, являющихся частью органического вещества почв в целом, тесно связано с содержанием общего углерода. В большей степени это касается органогенного горизонта почв, где обнаруживается достаточно тесная корреляционная зависимость показателей водорастворимого и общего углерода ($r=0.728\pm 0.278$; $t=2.81$; $t_{05}=2.18$). В минеральных слоях почв эта связь выражена в меньшей степени ($r=0.384\pm 0.161$; $t=2.38$; $t_{05}=2.00$). Возможно, это связано с тем, что в минеральной толще песков органическое вещество представлено не только соединениями биологической природы, но и неспецифическими соединениями – остатками флотореагентов.

В профильном распределении показателей водорастворимого углерода проявляются те же закономерности, что и в распределении общего углерода (табл. 4). Естественно, что больше всего водорастворимого органического вещества содержится в органогенном горизонте. В минеральных горизонтах количество его резко падает, но в дерновом слое (до 5 см) содержание водорастворимого углерода более высокое, чем в нижележащих слоях.

Таблица 4

Среднее содержание водорастворимого углерода

Горизонт (глубина, см)	Водорастворимый С, мг/100 г	Коэффициент вариации, %
АО	99±10.8	26.9
АУ (дерновый)	18±0.9	9.4
5-10	11±2.2	49.8
10-20	9±2.1	57.9
20-30	11±1.9	43.5
30-40	11±2.7	59.4

На рис. 1 представлены средние данные по всем экотопам, иллюстрирующие закономерности профильного распределения общего и водорастворимого углерода.

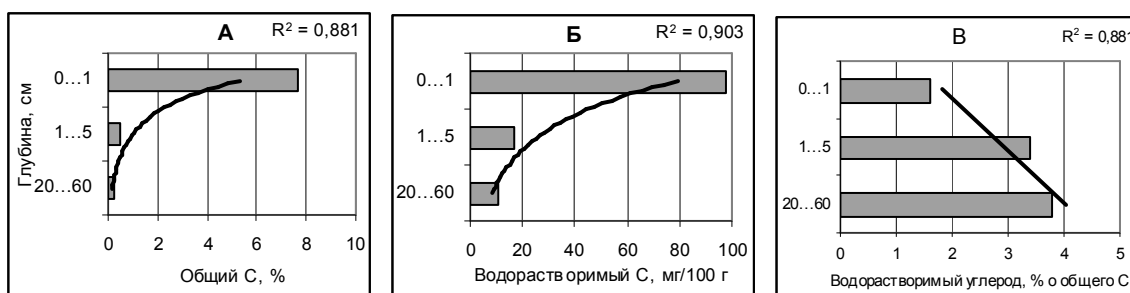


Рис. 1. Распределение по профилю почвы общего углерода (А), %; водорастворимого углерода, мг/100 г (Б); водорастворимого углерода, % от общего С (В). Средние данные

Абсолютное содержание их подчиняется общей закономерности: резкое снижение при переходе от органогенного горизонта к дерновому и дальнейшее постепенное снижение с глубиной. В отношении величин степени подвижности органического вещества (содержания водорастворимого углерода в процентах от общего) наблюдается обратная картина. При переходе от органогенного горизонта к дерновому эта величина возрастает и продолжает увеличиваться в более глубоких слоях. Следовательно, по мере снижения содержания органического вещества с глубиной относительная подвижность его возрастает. Отмеченные закономерности хорошо описываются экспоненциальными кривыми с достаточно высокой достоверностью аппроксимации ($R^2=0.88-0.90$).

По фракционному составу гумусовых кислот почвы на нефелиновых песках отличаются от зональных почв: в составе гуминовых и фульвокислот заметную роль играют фракции, связанные с кальцием. Это обусловлено богатством нефелиновых песков основаниями, в том числе в подвижном состоянии.

Кислотно-основные свойства новообразованных почв. Кислотность является важным показателем плодородия почв, формирующегося в результате взаимодействия растительности с почвообразующей породой, которая в нашем случае представлена нефелиновыми песками. Исходные пески имеют щелочную реакцию как в водной (рН 8.0-8.3), так и в солевой (рН 7.3-7.8) суспензиях.

В процессе первичного почвообразования на поверхности нефелиновых песков, покрытых растительностью, сформировался маломощный органогенный горизонт, где протекают процессы трансформации растительного опада с образованием органических кислот, которые взаимодействуют с минеральной массой песков. Результатом такого взаимодействия является накопление в верхней части минерального профиля новообразованной почвы органоминеральных соединений, имеющих кислую природу. Результаты определения рН в водной суспензии показывают, что органогенный горизонт имеет, как правило, нейтральную реакцию, а в солевой суспензии реакция этого горизонта становится слабокислой (табл. 5).

Таблица 5

Средние показатели рН в нефелиновых песках и подзолах

Глубина, см	рН (H ₂ O)		рН (KCl)	
	Почва на песках	Подзол	Почва на песках	Подзол
0-1	7.1	4.3	5.8	3.5
1-5	7.5	4.7	6.2	3.8
5-10	7.6	5.1	6.4	4.6
20-60	8.2	5.5	7.1	5.0

В профиле нефелиновых песков реакция среды с глубиной изменяется: от нейтральной до слабощелочной – в водной суспензии, от слабокислой до нейтральной – в солевой суспензии. В зональных почвах – Al-Fe-гумусовых подзолах на песчаных отложениях – по всему профилю наблюдается кислая реакция как в солевой, так и в водной суспензиях. Распределение показателей рН в песках и почвах подчиняется общей закономерности: с глубиной реакция среды сдвигается в сторону нейтральных или щелочных показателей. В этом сказывается воздействие на минеральный профиль элювиальных процессов.

Таким образом, новообразованные почвы, сформировавшиеся на нефелиновых песках, по содержанию и распределению органического вещества значительно отличаются от зональных почв – Al-Fe-гумусовых подзолов. Общим является наличие органогенного горизонта, который в подзолах менее минерализован даже при небольшой мощности. С этим связаны различия в содержании в этом горизонте общего и водорастворимого углерода: в зональных почвах общего углерода содержится в 4 раза больше, чем в почвах на нефелиновых песках, а водорастворимого углерода – в 10 раз. По содержанию общего углерода дерновый горизонт новообразованных почв аналогичен подзолистому горизонту подзолов. Эти горизонты, наряду с подстилкой, в тех и других почвах являются горизонтами наибольшего сосредоточения корневых систем растений. Иллювиального накопления органического вещества, которое характерно для подзолов, в почвах на нефелиновых песках не происходит, вероятно, в силу их молодости.

Длительное 30-40-летнее воздействие на нефелиновые пески растительности не вызвало заметного изменения валового содержания макроэлементов и не привело к их дифференциации в пределах минерального профиля.

Почвенная биота является биокатализатором процессов первичного почвообразования. Она непосредственно участвует в процессах минерализации и гумификации растительных остатков, воздействуя на них своими гидролитическими и окислительно-восстановительными экзоферментами, минеральными и органическими кислотами и другими метаболитами. Исследование биологических характеристик проводили в песках, разных сроков складирования в хвостохранилищах апатитнефелиновых фабрик АНОФ-1 и АНОФ-2.

Численность и биомасса бактерий. Выходящие с фабрики хвосты обогащения апатит-нефелиновой руды не являются стерильными – в них обнаружено до $n \times 10^7$ жизнеспособных клеток бактерий в 1 мл

слива. Количество их снижается при поступлении в хвостохранилище – до $n \times 10^6$ клеток в 1 г песка, что чаще всего связано с низкой влажностью среды обитания и снижением концентрации питательных элементов (табл. 6). Интенсивность микробиологических процессов возрастает при заселении песков высшими растениями. Так, на нефелиновом хвостохранилище, рекультивированном 40 лет назад, в сформировавшемся за это время тонком органогенном горизонте сложился микробоценоз, доминирующее положение в котором заняли олиготрофные бактерии и бактерии, трансформирующие сложные органические безазотистые вещества, в частности, представители амилотического сообщества. Численность всех трофических групп бактерий была наибольшей под разнотравной parcelлой.

Таблица 6

Численность бактерий различных трофических групп ($\times 10^3$ кл/г) в нефелиновых песках

Образец, растительная группировка	«Возраст» песка, годы	Сапротрофные бактерии	Использующие минеральный N	Олиготрофные бактерии
Чистый песок	0	130 – 3310 1394 ± 213	10 – 6200 1386 ± 319	0 – 2630 720 ± 162
	10	480 – 9980 1875 ± 464	170 – 7320 2000 ± 382	120 – 5910 1440 ± 286
	20	120 – 1580 741 ± 97	20 – 1660 594 ± 109	10 – 2130 680 ± 116
	30	0.7 – 169 40 ± 8	0 – 360 55 ± 20	0 – 280 78 ± 19
Злаковая	10	970 – 16100 4495 ± 760	310 – 10860 3776 ± 664	10 – 20500 5551 ± 1279
	20	680 – 9060 3163 ± 452	100 – 21300 3334 ± 991	300 – 19800 3126 ± 1032
	30	790 – 17700 5752 ± 953	0 – 20300 5664 ± 1299	300 – 17900 4906 ± 1070
Моховая	40	1860 – 15200 5491 ± 812	300 – 14400 5439 ± 1108	300 – 16600 6417 ± 1214
Лишайниковая	40	2300 – 17600 6176 ± 692	500 – 18700 5394 ± 1067	720 – 15200 3913 ± 741
Разнотравная	40	2480 – 25000 10382 ± 1388	400 – 67700 17714 ± 3828	900 – 82700 18920 ± 5258
Кустарничковая	40	1280 – 19200 5328 ± 903	700 – 11100 3782 ± 611	1100 – 12300 4734 ± 612

Примечание. Над чертой – lim (min-max), под чертой – $M \pm m$; n = 25-28.

Более полное представление о численности микроорганизмов в почвах дают прямые методы учета, и, в частности, метод флуоресцентной микроскопии. Исходя из данных по общему содержанию бактерий в субстрате, можно рассчитать их биомассу, считая вес одной бактериальной клетки равным $4 \cdot 10^{-14}$ г.

Общая численность бактерий в чистом песке по методу флуоресцентной микроскопии, учитывающему как жизнеспособные, так и нежизнеспособные клетки, колебалась в пределах 0.34-0.60 млрд кл/г, а в рекультивированном под различными растительными группировками – от 5.8 до 7.2 млрд кл/г (табл. 7). «Возраст» чистого, нереккультивированного песка практически не оказывал влияния на общую численность бактерий и их биомассу. В песках под злаковой растительностью бактериальная биомасса возросла в среднем в 4 раза по сравнению с песками, не покрытыми растениями. При этом с увеличением возраста песка под злаками не происходит достоверных изменений в величине биомассы бактерий. Наибольшая численность и биомасса бактерий была под

разнотравьем, доминирующее положение в котором занимал клевер, способный к симбиотической фиксации азота.

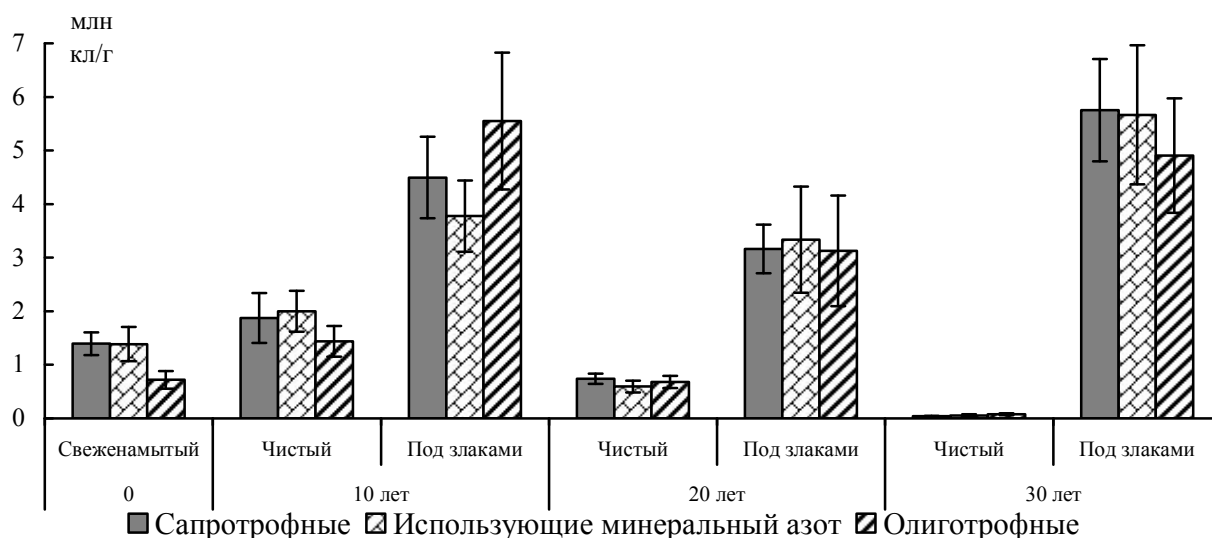


Рис. 2. Численность бактерий в нерекультивированных нефелиновых песках разного срока складирования и в песках под злаками

Таким образом, в рекультивированных песках бактериальная биомасса возросла в среднем в 14 раз по сравнению с песками, не покрытыми растительностью, и изменялась под различными растительными группировками в пределах 0.11–0.29 мг/г.

Таблица 7

Общая численность бактерий ($\times 10^9$ кл/г) и их биомасса ($\times 10^5$ г/г) в нефелиновых песках

Образец, растительная группировка	«Возраст» песка, годы	Численность	Биомасса
Чистый песок	0	0.60 ± 0.04	2.4 ± 0.2
	10	0.53 ± 0.06	2.1 ± 0.3
	20	0.34 ± 0.11	1.4 ± 0.4
	30	0.59 ± 0.10	2.4 ± 0.4
Злаковая	10	1.47 ± 0.37	5.9 ± 0.9
	20	2.23 ± 1.04	8.9 ± 0.7
	30	2.02 ± 0.19	8.1 ± 0.6
Моховая	40	7.22 ± 0.37	28.9 ± 1.5
Лишайниковая	40	5.79 ± 0.64	23.2 ± 2.5
Разнотравная	40	6.20 ± 0.27	24.8 ± 1.1
Кустарничковая	40	2.62 ± 1.64	10.5 ± 6.6

Прокариотный комплекс новообразованных почв на нефелиновых песках существенно отличается от прокариотного комплекса зональных почв на морене. В прокариотном комплексе изучаемого субстрата доминируют грамположительные бактерии, тогда как в зональных почвах преобладают грамотрицательные, что свидетельствует о различиях в видовом составе бактериального сообщества. В нерекультивированных песках доля грамотрицательных бактерий изменялась от 4 до 10% от общей численности бактерий – органотрофов. В рекультивированных песках их доля возросла до 30-50% (табл. 8).

Отличительным признаком микробного компонента новообразованных почв, сформировавшихся на нефелиновых песках, от кислых почв региона на моренных отложениях явилась высокая численность актиномицетов рода *Streptomyces* класса Actinobacteria. В лесных подзолах их количество не превышает 3.5% от общего числа сапротрофного бактериального блока, а в рекультивированном хвостохранилище стрептомицеты достигают 25% от общего числа культивируемых бактерий.

Таблица 8

Доля грамотрицательных бактерий в нефелиновых песках (% от общего числа сапротрофных бактерий)

Образец, растительная группировка	«Возраст» песка, годы	Доля Гр-бактерий
Чистый песок	0	4
	10	5
	20	10
	30	4
Злаковая	10	21
	20	12
	30	11
Моховая	40	41
Лишайниковая	40	31
Разнотравная	40	52
кустарничковая	40	39

Значительно реже встречались представители того же класса рода *Nocardia*. Актиномицеты являются нейтрофилами, а водные суспензии нефелиновых песков обладают нейтральной или слабощелочной реакцией, в то время как для Al-Fe-гумусовых подзолов, доминирующих на Кольском п-ове, характерна кислая реакция среды. Актиномицеты продуцируют внеклеточные гидролазы, способные разлагать сложные органические соединения: целлюлозу, лигнин, хитин, гумусовые вещества.

В градиенте времени по мере формирования новообразованных почв на нефелинсодержащих промышленных отходах изменяется структура прокариотного комплекса микробных сообществ. В них возрастает доля грамотрицательных бактерий (с 4-10% до 30-50%) и снижается доля актинобактерий, относящихся к грамположительным бактериям, в том числе стрептомицетов. Доминирование в прокариотном комплексе грамотрицательных бактерий и исключительно малое содержание актиномицетов характерно для кислых почв региона на моренных отложениях (Евдокимова, Мозгова, 2001). На основании этого можно предположить, что эволюция микробного сообщества нефелиновых песков по мере их рекультивации и заселения растительностью идет по пути сближения с микробными сообществами зональных почв.

В целом прокариотный комплекс новообразованных почв на нефелинсодержащих промышленных отходах представлен в таблице 9.

Таблица 9

Прокариотный комплекс нефелинсодержащих песков разного «возраста»
(% от сапротрофного бактериального блока)

Образец, растительная группировка	Общее число органотрофных бактерий, млн/г	<i>Arthro-bacter</i>	<i>Chryseo-bacterium</i>	<i>Rhodo-coccus</i>	<i>Micro-coccus</i>	<i>Strepto-mycetes</i>	<i>Bacillus</i>
Чистый песок	1.0	59.6	0.2	12.0	46.8	3.7	0.7
Злаковая (10–30 лет)	4.5	63.8	0.9	0	32.8	8.4	1.1
Моховая (10–30 лет)	2.2	69.9	0	0	31.7	4.8	0.9
Моховая (40 лет)	5.5	20.1	0.8	0	0	25.8	7.4
Лишайниковая (40 лет)	6.2	18.0	1.0	0	0	25.8	2.0
Разнотравная (40 лет)	10.4	10.0	0.8	0	0	13.5	3.8
Кустарничковая (40 лет)	5.3	10.8	2.4	0	3.4	17.6	2.3

В его состав входят в основном актинобактерии родов *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Micrococcus* и *Streptomyces*, приспособленные к жизни в олиготрофных средах в результате экономного расходования как экзогенных, так и эндогенных субстратов. В состав прокариотного комплекса чистого нерекультивированного песка и песка до 30-летнего «возраста», заросшего злаками и мхами, входят, в основном, актинобактерии родов *Arthrobacter* и *Micrococcus*, часто образующие на питательных средах ассоциативные колонии (поэтому их доля в общем комплексе сапротрофных бактерий могла превысить 100%).

В нефелиновых песках выделено 5 штаммов доминирующих видов бактерий с пространственной частотой встречаемости более 60%, проведена их идентификация методом сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей генов, кодирующих 16S рРНК, и определено их филогенетическое положение (центр «Биоинженерия», г. Москва). Четыре вида идентифицированных бактерий отнесены к классу Actinobacteria: *Arthrobacter boritoleran*, *Arthrobacter ramosus*, *Rhodococcus fascian*, *Micrococcus luteus*.

Актинобактерии являются типичными обитателями почв, воды, воздуха, характеризуются неспецифичностью к источникам питания и благодаря экономному расходованию экзогенных субстратов могут развиваться в средах с малым содержанием питательных веществ, т.е. относятся к трофической группе олиготрофных бактерий. Некоторые из них, в частности актиномицеты, способны продуцировать внеклеточные гидролазы и разлагать сложные полимерные соединения. Кроме того, актинобактерии могут развиваться при очень низкой влажности субстрата и имеют высокие адаптационные способности к неблагоприятным условиям среды, в частности, они образуют пигменты каротиноиды, защищающие клетку от ультрафиолетовых лучей.

Численность и биомасса грибов. Численность микроскопических грибов – основных деструкторов органического вещества в свеженамытых песках апатитонепфелинового производства была очень мала и не превышала десятков КОЕ в 1 г (рис. 3). По мере возрастания длительности хранения песков и их заселения растительностью численность грибов возрастала до сотен КОЕ в 1 г субстрата.

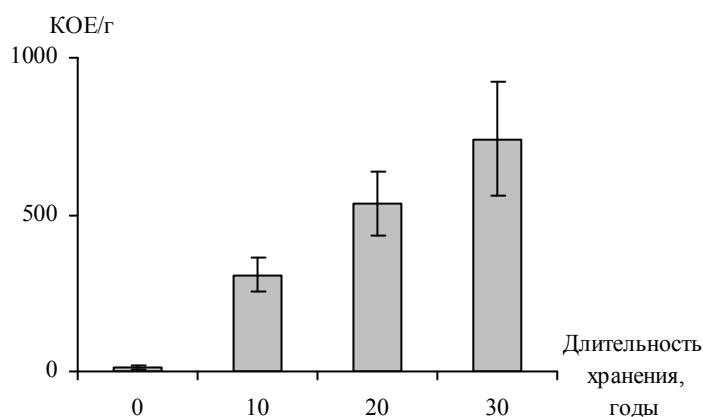


Рис. 3. Численность микроскопических грибов в нефелиновых песках в градиенте времени

Таблица 10

Длина грибного мицелия (м/г) и биомасса микроорганизмов ($\times 10^{-5}$ г/г) в нефелиновых песках

Образец	«Возраст» песка, лет	Длина грибного мицелия	Биомасса грибов	Суммарная биомасса грибов и бактерий
Чистый песок	0	12 ± 5	1.3 ± 0.6	3.7 ± 0.4
	10	32 ± 2	3.5 ± 0.2	5.6 ± 0.2
	20	43 ± 13	4.7 ± 1.5	6.1 ± 0.9
	30	26 ± 5	2.9 ± 0.5	5.3 ± 0.4
Растительная группировка: злаковая	10	59 ± 8	6.4 ± 0.9	12.3 ± 0.7
	20	62 ± 8	6.9 ± 0.8	15.8 ± 0.7
	30	112 ± 35	12.4 ± 3.9	20.5 ± 2.2
моховая	40	710 ± 145	78.1 ± 16.0	107.0 ± 8.7
лишайниковая	40	1156 ± 192	127.2 ± 21.1	150.4 ± 11.8
разнотравная	40	1064 ± 74	117.0 ± 8.1	141.8 ± 4.6
кустарничковая	40	434 ± 159	47.8 ± 1.7	58.3 ± 4.1

Длина грибного мицелия в нефелиновых песках, подвергшихся рекультивации 40 лет назад, под лишайниковой и разнотравными ассоциациями достигала 1000 м/г, а его биомасса составляла 1.3 мг в 1 г субстрата (табл. 10). Эти величины вполне сопоставимы с таковыми в почвах таежных лесов

Кольского п-ва [9]. При этом грибная биомасса в 40-летних песках превышала бактериальную в 3-5.5 раза, что характерно для органогенных горизонтов зоны еловых лесов Кольского Севера. В свеженамытых песках показатели длины мицелия и его биомассы были значительно ниже и не превышали 12 м и 0.013 мг/г соответственно.

Следует отметить, что в песках без растительности вклад бактерий и грибов в общую микробную биомассу равноценен, а в песках, подвергнутых фитомелиорации, грибная биомасса превышает бактериальную на 1-2 порядка.

Видовое разнообразие грибов. К настоящему времени в песках хвостохранилища, рекультивированного более 40 лет назад, нами выявлено: 26 видов грибов, относящихся к 10 родам, 7 порядкам, 4 классам и 2 отделам; в свеженамытых песках – всего 12 видов, относящихся к 8 родам, 5 порядкам, 4 классам и 2 отделам. В комплексе микромицетов рекультивированного нефелинового хвостохранилища наиболее широко были представлены грибы рода *Penicillium*. Они составляли более 50% всего видового разнообразия выделенных грибов. В свеженамытых песках данный род был представлен 4 видами, в рекультивированных – 15 видами.

В нефелиновых песках, подверженных рекультивации 40 лет назад, в группу часто встречающихся грибов входили виды: *Mortierella longicollis*, *Phoma eupyrena*, *Penicillium daleae*. Грибы *Acremonium rutilum*, *Fusarium solani*, *Mucor hiemalis*, *M. plumbeus*, *Penicillium variabile* были выделены только в свеженамытых нефелиновых песках. Эти виды грибов были выявлены также в апатитонефелиновых подземных горных выработках [10] и в продуктах технологического передела на апатитонефелиновых обогатительных фабриках [11], откуда они могли поступить в хвостохранилища.

В свеженамытых песках доминирующие виды отсутствовали, о чем также свидетельствуют снижение величины индекса доминирования Симпсона и, соответственно, увеличение значения индекса выравненности Пиелу (табл. 11).

Таблица 11

Некоторые показатели видовой структуры грибного сообщества нефелиновых песков

«Возраст» песка	Общего разнообразия Шеннона (H)	Доминирования Симпсона (C)	Выравненности Пиелу (e)
0	1.99	0.15	0.96
10	1.31	0.4	0.46
20	1.63	0.37	0.53
30	1.57	0.29	0.55
40	1.7	0.26	0.53

В рекультивированных песках индекс Симпсона был равен 0.26, Пиелу – 0.53; в свеженамытых песках – 0.15 и 0.96 соответственно. Вид *Penicillium thomii* отнесен к часто встречающимся видам в свеженамытых песках, остальные виды отнесены по значениям пространственной и временной частоты встречаемости к редким и случайным. Отмеченное низкое видовое разнообразие микромицетов в свеженамытых песках и отсутствие видов – доминант в структуре их комплексов характерно для молодых экосистем, находящихся в неустойчивом состоянии и их меньше там, где физические и химические факторы среды экстремальны.

Степень сходства видового состава комплексов микроскопических грибов свеженамытых и рекультивированных нефелиновых песков, выраженная коэффициентом Серенсена, составила всего 25%. Такая низкая степень сходства объясняется чрезвычайно малой величиной численности и бедным видовым разнообразием грибов в отходах обогащения, выходящих с фабрики. Сходство видового состава комплексов микромицетов рекультивированных нефелиновых песков и типичных подзолистых почв Кольского п-ова возрастает – коэффициент Серенсена достигал 45%.

Таким образом, рекультивация нефелиновых песков, выполненная 40 лет назад, создала предпосылки для формирования комплексов бактерий и микромицетов, типичных для региональных подзолистых почв. В исследуемых субстратах в формировании пионерных комплексов микромицетов наиболее существенен процесс восстановления растительного покрова, определяющего их численность и разнообразие, и не столь значимы различия в минералогическом и химическом составе песков, являющихся материнской породой.

Зооценозы. Наряду с микробоценозами неотъемлемым компонентом почвенной экосистемы являются зооценозы. В почвах, нарушенных в результате агротехнической деятельности или

подверженных воздействию промышленных выбросов, основной, а часто и единственной группой фауны оказываются микроартроподы – клещи и коллемболы. Мелкие размеры, высокая численность, разнообразие видов и жизненных форм, широкие спектры питания определяют эвритопность и повсеместное распространение микроартропод. Как правило, они первыми из животных, вслед за микроорганизмами, заселяют техногенные субстраты.

Зоологический анализ нефелинсодержащих песков показал, что первопоселенцами данного техногенного субстрата являются коллемболы (Insecta, Collembola). Колонизация песков этими насекомыми-бактериофагами объясняется наличием жизнеспособных бактериальных клеток в минеральных отходах обогащения апатит-нефелиновых руд, поступающих в хранилища с фабрик. Сукцессия бактериального и грибного компонентов микробиоты песков, накопление гумусовых веществ определили смену доминирующих групп микроартропод. В новообразованных почвах на рекультивированном хранилище абсолютными доминантами фауны были сапротрофные панцирные клещи-орибатиды (Asagi, Oribatei) – индикаторы процессов гумификации органического вещества.

Хранилище, рекультивированное более 40 лет назад, характеризовалось наиболее разнообразным таксономическим и трофическим составом беспозвоночных. Новообразованный органогенный горизонт населяли крупноразмерные обитатели подстилки с многолетними генерациями: детритофаги дождевые черви вида *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae), хищные многоножки-костянки вида *Monotarsobius curtipes* (Lithobiidae), влаголюбивые личинки мягкотелок (Cantharidae). В связи с разнообразием растительности расширился комплекс насекомых-фитофагов. В целом с увеличением срока складирования таксономический состав беспозвоночных возрос с 5 групп в песках 10-ти летней экспозиции до 8-9 групп в песках, складированных 20-30 лет назад, и до 13 таксонов в новообразованных почвах (табл. 12).

Таблица 12

Разнообразие трофических групп беспозвоночных
в нефелинсодержащих песках разного срока складирования

Срок складирования, годы			
10	20	30	40
Микробофаги			
коллемболы	коллемболы	коллемболы	коллемболы
панцирные клещи	панцирные клещи	панцирные клещи	панцирные клещи
		нематоды	нематоды
		тихоходки	тихоходки
Сапрофаги			
двукрылые	двукрылые	двукрылые	двукрылые
пилюльщики	пилюльщики		
	энхитреиды		энхитреиды
			дождевые черви
Фитофаги			
	цикадки	цикадки	
	щелкуны	щелкуны	щелкуны
	трипсы		трипсы
		тли	тли
			чешуекрылые
			клопы
Зоофаги			
хищные клещи	хищные клещи	хищные клещи	хищные клещи
пауки	пауки	пауки	пауки
стафилиниды	стафилиниды	стафилиниды	стафилиниды
	жужелицы	жужелицы	жужелицы
	мягкотелки		мягкотелки
		муравьи	муравьи
			многоножки

Представители большинства таксонов, типичные для таежных почв (нематоды, энхитреиды, пауки, стафилиниды, жужелицы, личинки мягкотелок и двукрылых), предпочитали растительные группировки лесного типа: мхи, лишайники, кустарнички и обитали под ними на протяжении всего периода вегетации. Насекомые-фитофаги (тли, клопы, трипсы, гусеницы чешуекрылых) были разнообразны под лишайниками. Для определенных растительных группировок выявлены облигатные группы беспозвоночных, которые встречались под ними на протяжении всего вегетационного сезона. Под мхами, лишайниками, кустарничками и клевером это были нематоды и энхитреиды, под брусничкой и вороникой – личинки двукрылых и стафилины.

В песках действующего хвостохранилища численность беспозвоночных варьировала от 0.5 до 17 тыс. экз./м². Средняя по результатам 6 месяцев плотность фауны без учета микроартропод не превысила 30 экз./м² в чистых песках разных лет и 200-400 экз./м² под злаками и мхами. В новообразованных почвах на законсервированном хвостохранилище численность микроартропод возросла до 47 тыс. экз./м², прочих групп фауны – до 740 экз./м² (рис. 4).

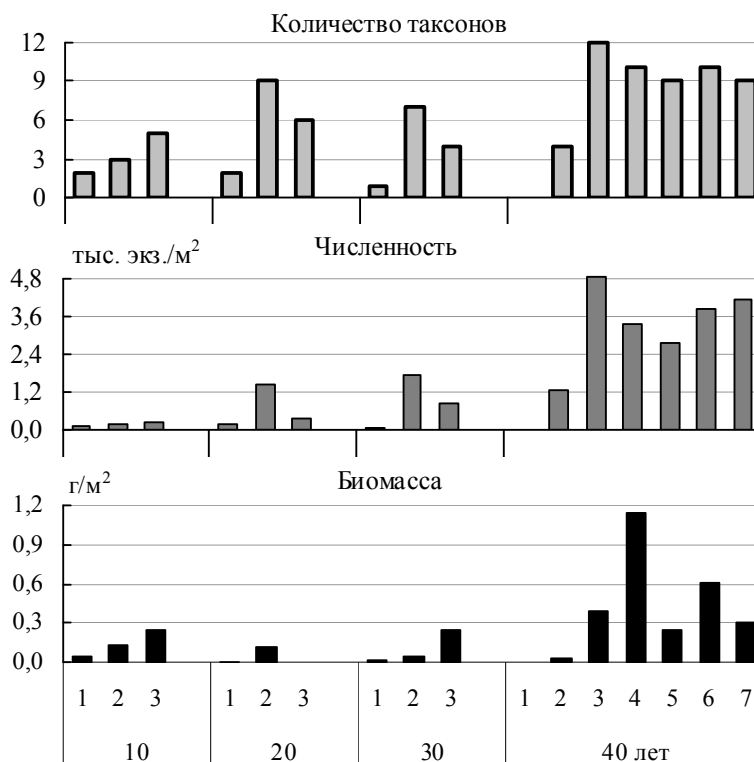


Рис. 4. Количество таксонов, численность и биомасса беспозвоночных животных без учета микроартропод в нефелинсодержащих песках (среднее по результатам 6 сроков отбора образцов). 1 – чистый песок, 2 – злаки, 3 – мхи, 4 – лишайники, 5 – вороника, 6 – брусничка, 7 – клевер

В «молодых» песках, самозарастающих мхами и закрепленных 10-30 лет назад путем посева злаков, пионерные комплексы беспозвоночных связаны с моховым покровом, ризосферой и надземной фитомассой трав. В песках под мхами формируется тундровый вариант фаунистического комплекса, на участках со злаковой растительностью – луговой. К злакам приурочено наибольшее обилие и разнообразие видов и жизненных форм беспозвоночных, что свидетельствует о важной средообразующей деятельности этих растений.

Характер изменения численности микрофагов – ногохвосток и панцирных клещей в песках разного возраста под различными растительными группировками совпадает с динамикой численности микроорганизмов – бактерий и мицелиальных грибов (рис. 5, 6).

На рисунках видно, что сукцессия пионерных групп микроартропод – ногохвосток и клещей в изучаемом техногенном субстрате определяется сукцессией микроорганизмов. Аналогичный вывод был сделан при анализе зоо-микробных взаимоотношений в ходе опытов по биотрансформации растительных остатков в почвах, загрязненных выбросами алюминиевого и медно-никелевых предприятий Мурманской области [7, 12, 13, 14].

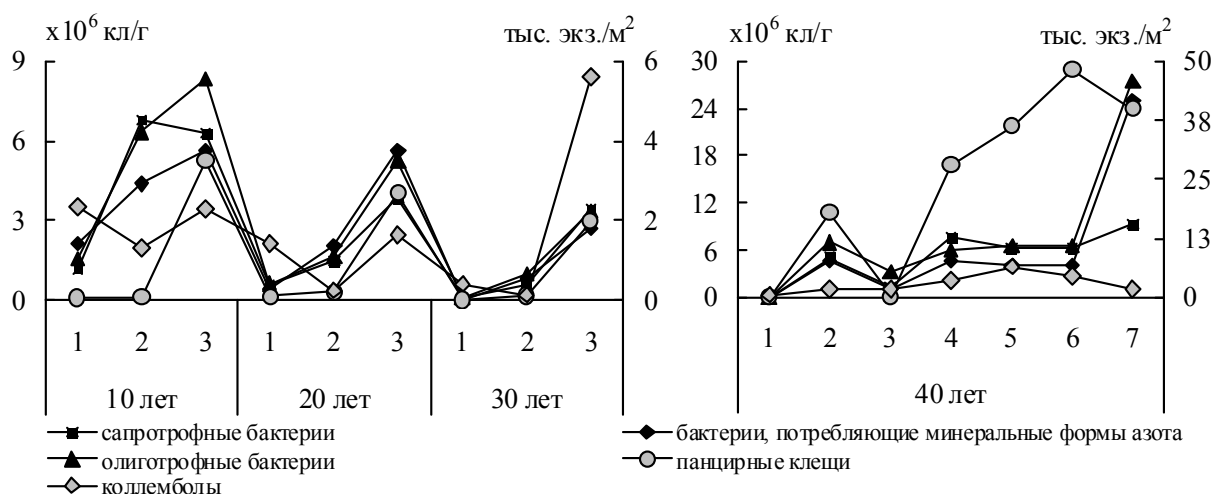


Рис. 5. Численность бактерий (млн кл/г) и микроартропод (тыс. экз./м²) в песках разного срока складирования под основными типами растительности. Обозначения 1-7 как на рис. 4

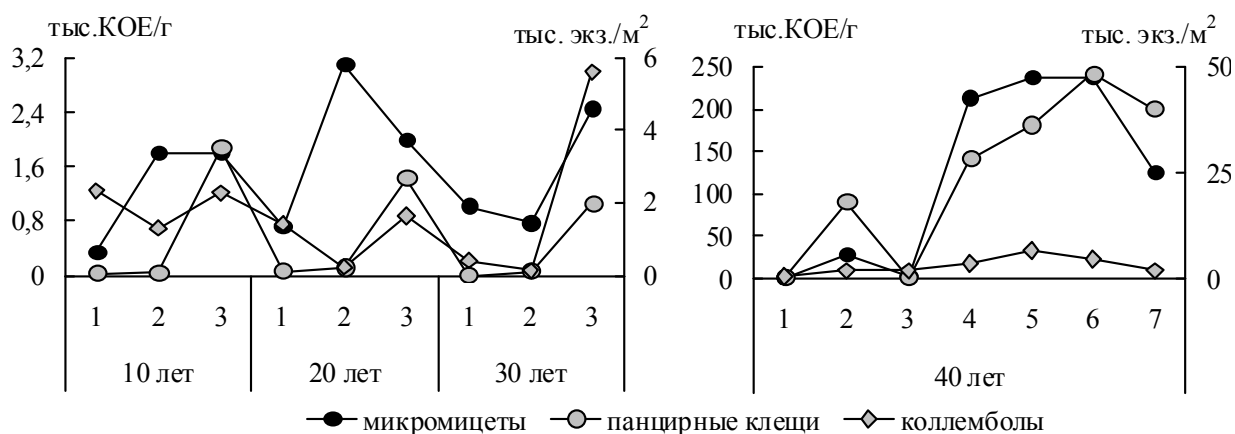


Рис. 6. Численность микроскопических грибов (тыс. КОЕ/г) и микроартропод (тыс. экз./м²) в песках разного срока складирования. Обозначения 1-7 как на рис. 4

Проведение мероприятий по фитомелиорации нефелиновых песков положительно повлияло на рост численности фауны по сравнению с песками, лишенными растительности или самозарастающими мхами. В целом биотические факторы оказали определяющее влияние на колонизацию этого техногенного субстрата разными группами беспозвоночных животных по сравнению с абиотическими, в частности, возрастание бактериальной и грибной биомассы в новообразованных почвах.

Фаунистический комплекс песков, рекультивированных более 40 лет назад, представляет собой обедненный вариант мезофауны таежных подзолов Кольского Севера с более низкими показателями таксономического и трофического разнообразия и зоомассы. Спустя полвека после проведения рекультивации законсервированного хвостохранилища в новообразованных почвах не произошло формирования зооценозов, характерных для зональных подзолов Кольского Севера.

Заключение

На отходах обогащения апатит-нефелиновой промышленности, биологическая рекультивация которых была проведена более 40 лет назад, протекает первичный почвообразовательный процесс. Проявление почвообразовательного процесса на нефелиновых песках можно охарактеризовать следующими признаками:

- формирование маломощной подстилки с содержанием органического углерода на уровне 8-12%;
- накопление гумусовых веществ в минеральном подподстилочном горизонте до глубины 5 см в результате гумификации корневого опада;

- отчетливое изменение реакции среды верхней части (до глубины 20 см) минеральной толщи песков.

Биокатализаторами процессов первичного почвообразования и одним из главных факторов, определяющих специфику этого процесса, являются микроорганизмы. По мере формирования новообразованных почв на нефелинсодержащих промышленных отходах изменяется структура прокариотного комплекса микробных сообществ, первоначально существенно отличавшаяся от прокариотного комплекса зональных почв на моренных отложениях. В них возрастает доля граммотрицательных бактерий и снижается доля актинобактерий, в том числе стрептомицетов. При формировании пионерных комплексов микромицетов наиболее существенен процесс восстановления растительного покрова, определяющего их численность и разнообразие, и не столь значимы различия в минералогическом и химическом составе песков, являющихся материнской породой. Рекультивация нефелиновых песков, выполненная 40 лет назад, создала предпосылки для формирования комплексов бактерий и микромицетов, типичных для региональных подзолистых почв.

Общими чертами фаунистических комплексов в нефелиновых песках разного срока складирования являлись: низкое видовое разнообразие и высокий уровень численности беспозвоночных; их заселение мелкоразмерными и быстроразвивающимися представителями микро- и мезофауны; зависимость сукцессии пионерных групп микроартропод от сукцессии бактерий и грибов.

Сформировавшаяся экосистема как результат биологической рекультивации и развития растительного покрова на поверхности нефелиновых песков представляет собой натуральную модель техногенного образования, претерпевшего длительную эволюцию от бесплодных мало заселенных только микроорганизмами песков до сложных биогеоценозов, включающих растительный покров разной структуры и новообразованную почву. Почвы, сформировавшиеся на рекультивированных отвалах апатитовой промышленности, можно отнести (в соответствии с современной классификацией) к типу серогумусовых (дерновых) с профилем АУ-С отдела органо-аккумулятивных почв ствола постлитогенных почв [15].

Исследования проведены при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие: инвентаризация, функции, содержание».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 244 с.
2. Переверзев В.Н., Кошлева Е.А., Чуриков А.М. Фосфор в подзолистых почвах Кольского полуострова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1992. 130 с.
3. Переверзев В.Н. Культурное почвообразование на Крайнем Севере. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1993. 156 с.
4. Переверзев В.Н., Коробейникова Н.М., Дьякова Т.А., Янченко И.В. Агрохимические свойства и плодородие почв, сформированных на отвалах апатитовой промышленности после их рекультивации // Агрехимия. 2007б. № 1. С. 5–12.
5. Переверзев В.Н., Подлесная Н.И. Биологическая рекультивация промышленных отвалов на Крайнем Севере. Апатиты: Изд. КФАН СССР. 1986. 104 с.
6. Капелькина Л.П., Казаков Л.А. Лесная рекультивация нарушенных земель в Заполярье // Лесное хозяйство. 1989. № 2, С. 27-29.
7. Евдокимова Г.А., Зенкова И.В., Мозгова Н.П., Переверзев В.Н. Почва и почвенная биота в условиях загрязнения фтором. Апатиты: изд. КНЦ РАН, 2005. 135 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Издание пятое. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Микроорганизмы тундровых и лесных подзолов Кольского Севера. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. 184 с.
10. Евдокимова Г.А., Науменко А.Ф. Микроорганизмы подземных горных выработок Северной Фенноскандии // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2002. №3. С.237- 242.
11. Гершенков А.Ш., Евдокимова Г.А., Воронина Н.В., Креймер Л.Л. Влияние бактериального компонента оборотных вод на флотацию несulfидных руд на примере ОАО «Апатит» // Инженерная экология, 2005. №3. С. 51-61.
12. Евдокимова Г.А., Зенкова И.В., Переверзев В.Н. Биодинамика процессов трансформации органического вещества в почвах Северной Фенноскандии. Апатиты: изд. КНЦ РАН, 2002. 154 с.
13. Евдокимова Г.А., Зенкова И.В., Мозгова Н.П., Переверзев В.Н. Взаимодействия почвенных микроорганизмов и беспозвоночных животных при трансформации растительных остатков в почвах Северной Фенноскандии // Почвоведение, 2004. № 10. С. 1199-1210.
14. Зенкова И.В. Сукцессионные изменения в сообществах беспозвоночных животных в ходе деструкции листового опада в зоне влияния медно-никелевых предприятий // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения. Архангельск: изд. УрО РАН, 2002. Т.2. С. 371-375.
15. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Сведения об авторах

Евдокимова Галина Андреевна – д.б.н., профессор, зав. лабораторией, e-mail: galina@inep.ksc.ru
 Переверзев Владимир Николаевич – д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник, e-mail: v_perever@aprec.ru
 Зенкова Ирина Викторовна – к.б.н., старший научный сотрудник, e-mail: zenkova@inep.ksc.ru
 Корнейкова Мария Владимировна – научный сотрудник, e-mail: svyatkovskaya@inep.ksc.ru
 Редькина Вера Вячеславовна – младший научный сотрудник, e-mail: kalmukova@inep.ksc.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОРΟΣЛЕВЫХ СООБЩЕСТВ РАЗНОТИПНЫХ СУБАРКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМОВ

Д.Б. Денисов

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

Аннотация

Изучен видовой состав и структура альгофлоры фитопланктона и фитоперифитона водоемов различных ландшафтов Кольского п-ова. Впервые исследованы водорослевые сообщества озер тундровой и лесотундровой зоны побережья Баренцева моря. Исследованы закономерности формирования качества вод и особенностей развития водорослей в условиях загрязнения стоками горно-перерабатывающих предприятий, определены основные факторы, определяющие развитие альгофлоры. Проведена оценка применимости существующих индексов органического загрязнения в зависимости от токсической нагрузки на основе водорослей-индикаторов. Показаны современные тенденции изменения трофического статуса разнотипных водоемов, испытывающих антропогенное загрязнение биогенными элементами.

Ключевые слова:

водорослевые сообщества, содержание хлорофиллов, сапробность, качество вод.

Водорослевые сообщества, формирующие фитопланктон и фитоперифитон, являются основным первичным звеном трофических цепей арктических пресноводных экосистем и представляют собой информативный показатель их состояния. Видовой состав и структура сообществ, значения биомассы, численности, вегетация тех или иных таксонов, особенности сезонной динамики и содержание фотосинтетических пигментов, с одной стороны, определяются гидрологическими и гидрохимическими условиями водоемов, а с другой – определяют динамику организмов более высоких трофических уровней [1].

Сообщества водорослей занимают центральное место как функциональный элемент баланса органических веществ и преобразования энергии в гидроэкосистемах. Состояние водорослей планктона определяет уровень первичной продукции водоема, и, соответственно, устойчивость экосистемы в целом [2]. Зная состояние первого трофического уровня, можно предполагать состояние всей трофической пирамиды, что подтверждается многочисленными исследованиями [3, 4, 5, 6]. Это особенно актуально при исследовании субарктических водоемов, уязвимых к антропогенным нагрузкам.

Данные о структуре и таксономическом составе водорослей фитоперифитона и фитопланктона озерно-речных систем необходимы для создания и уточнения систем биоиндикации, расширения представлений о многообразии условий в пределах одного водного объекта в зависимости от ландшафта, особенностей локальных местообитаний, а также определяющих факторов развития в условиях обедненных биогенными элементами высокогорных водотоков как научной основы для реконструкции условий формирования качества пресных вод высокоширотных регионов в ходе локальных и глобальных изменений окружающей природной среды.

Объекты и методы

В период с 2005 по 2008 гг. были проведены исследования водорослевых сообществ в водоемах и водотоках различных ландшафтов Кольского Севера, включая 5 основных районов: тундровые ландшафтные комплексы (побережье Баренцева моря); северо-таежные ландшафтные комплексы (центральная часть Кольского п-ова); система горных микроландшафтов (Хибинский горный массив) (рис. 1, 2). Всего было обследовано свыше 100 водных объектов, включая водоемы и водотоки.

Оценивались видовой состав и структура водорослевых сообществ планктона и перифитона, гидрохимические характеристики качества вод, уровень содержания хлорофиллов. Особое внимание было уделено интенсивно загрязняемым водоемам в зоне воздействия горно-перерабатывающей промышленности (влияние Ковдорского ГОКа и ОАО «Апатит»). Отбор и анализ проб фитопланктона и фитоперифитона был произведен с использованием рекомендованных стандартных методик [3, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Отбор проб для анализа фитопланктона осуществлялся стандартным батометром Рутнера емкостью 2.2 л, объем пробы составлял 1 л. Если глубина водоема превышала 10 м, отбор производился с поверхности (1 м) и глубины 10 м для оценки вертикального распределения водорослей. Каждая проба фиксировалась раствором формалина, концентрировалась отстойным методом с последующим центрифугированием в течение 10 мин. при 5000 тыс. оборотов.



Рис. 1. Карта-схема районов проведения исследований



Рис. 2. Типичные водоемы районов исследований в различных ландшафтных комплексах: а) тундровый; б) северной тайги; в) горный (Хибинский массив) и загрязняемые водоемы; г) оз. Большой Вудъявр

Гидрохимический анализ вод был выполнен в аналитической лаборатории ИППЭС, по стандартным методикам, описанным ранее [1, 11, 12].

Анализ содержания хлорофиллов «а», «b» и «с» в планктоне был проведен стандартными методами, адаптированными для условий Кольского Севера [1, 13]. Фитоперифитон был отобран с каменистых субстратов посредством скребка, пробы анализировались, по возможности, в нефиксированном состоянии, или фиксировались раствором формалина. Отбор осуществлялся в литоральной зоне озер с глубины около 0.5 м, в водотоках – на перекатах. Подсчет и таксономическая

идентификация водорослей осуществлялась на световых микроскопах «Leitz Biomed», Motic BA 300 и «Carl Zeiss Jena NU 2E» с иммерсионными объективами при увеличениях 400-1000 х.

Для оценки состояния водоемов на основе водорослей используется целый ряд показателей.

- *Видовой состав* водорослей является отражением всех процессов, происходящих в экосистеме водного объекта. Их планктонные, перифитонные и бентосные сообщества обладают относительно высокой чувствительностью к уровню загрязнений, оцениваемому по химическим показателям качества воды [4, 12, 14].

- *Видовое разнообразие* водорослей изменяется в ответ на различные преобразования экосистемы, в том числе и антропогенные, и традиционно используется в качестве показателя состояния водной экосистемы. Видовое разнообразие исследованных водоемов оценивалось по индексу Шеннона-Уивера (H' , бит/экземпляр):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i ,$$

где S – общее число видов в препарате, p_i – доля i -ого вида в общей численности всех видов в пробе.

Оценка состояния первого трофического звена возможна с помощью показателей численности и биомассы, а также индекса *сапробности*. Эти показатели меняются в экосистеме поверхностных вод закономерно и могут быть расклассифицированы по системе В. Сладечека [9, 15]. Видовой состав и численность водорослей находится в тесной взаимосвязи от количества органических веществ, поступающих в водоемы, включая основные биогенные элементы – азот и фосфор. Сапробность – способность организма жить в условиях органического загрязнения, характеризующая его потребность в органическом питании, а также его устойчивость к воздействию возникающих при разложении органики веществ и способность экосистемы в целом к самоочищению. Для определения уровня сапробности вод использовались табличные значения каждого показательного вида (Барина и др., 2006; Sladecsek, 1973). Индекс сапробности вод исследованных водоемов рассчитывался по стандартной формуле:

$$S = \sum(sh) / \sum h,$$

где S – индекс сапробности вод, s – табличное значение каждого показательного вида, h – частота встречаемости (обилие) этих видов. Оценка качества органического загрязнения вод по индексу сапробности была проведена согласно схеме, представленной в таблице 1 [4, 7, 10].

Таблица 1

Классификация качества воды водоемов и водотоков по индексу сапробности на основе фитопланктона и фитоперифитона

Класс качества воды	Степень органического загрязнения	Значения индекса сапробности
I	Очень чистые	Менее 1.00
II	Чистые	1.00-1.50
III	Умеренно загрязненные	1.51-2.50
IV	Загрязненные	2.51-3.50
V	Грязные	3.51-4.00
VI	Очень грязные	Более 4.00

Для оценки продуктивности фитопланктона и его биомассы широко используют количественные показатели содержащихся в нем фотосинтетических пигментов [1, 13, 16].

Особое значение при этом имеют исследования содержания фотосинтетических пигментов, преимущественно хлорофилла a как показателя продуктивности, биомассы и физиологического состояния фитопланктона для разнотипных субарктических водоемов. Кроме того, информацию о состоянии водной экосистемы и ее трофическом статусе дает анализ содержания и соотношения различных хлорофиллов. Для исследованных водоемов были проанализированы концентрации хлорофиллов a , b и c в планктоне.

Результаты и обсуждение

Водоемы тундровых и лесотундровых областей побережья Баренцева моря (районы 1 и 2) характеризуются отсутствием выраженных последствий антропогенного загрязнения. Формирующиеся в них водорослевые сообщества отражают влияние природных факторов на формирование качества вод. Так, в некоторых водных объектах побережья Баренцева моря были проанализированы сообщества водорослей фитоперифитона – индикаторов солености. Мерой отношения к содержанию солей для многих организмов служит *галобность* – способность развиваться при различном содержании солей в окружающей среде. В

результате была установлена зависимость от расстояния водоема до моря и содержания солей, в первую очередь, хлоридов, определяющих галобность большинства водорослей. Ближе к побережью в сообществах увеличивается доля мезогалобов (солонатоводные виды – 5-20‰) и олигогалобов-галофилов (пресноводные, но способные жить при невысоком содержании NaCl – до 5‰), что соответствует уровню содержания хлоридов (рис. 3).

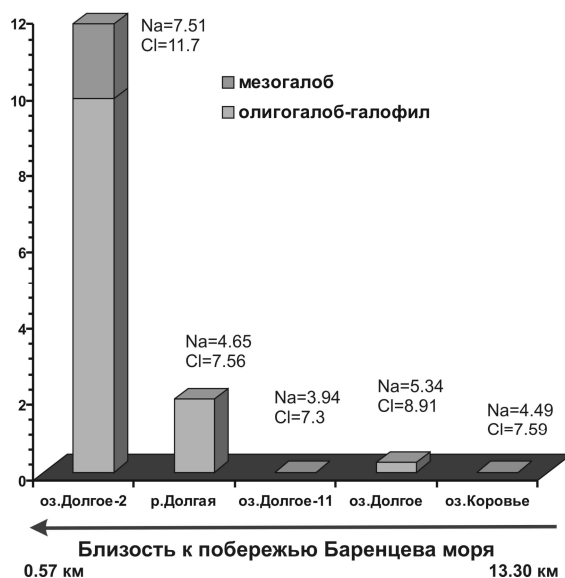


Рис. 3. Увеличение доли солонатоводных видов в сообществах фитоперифитона литорали малых озер побережья Баренцева моря

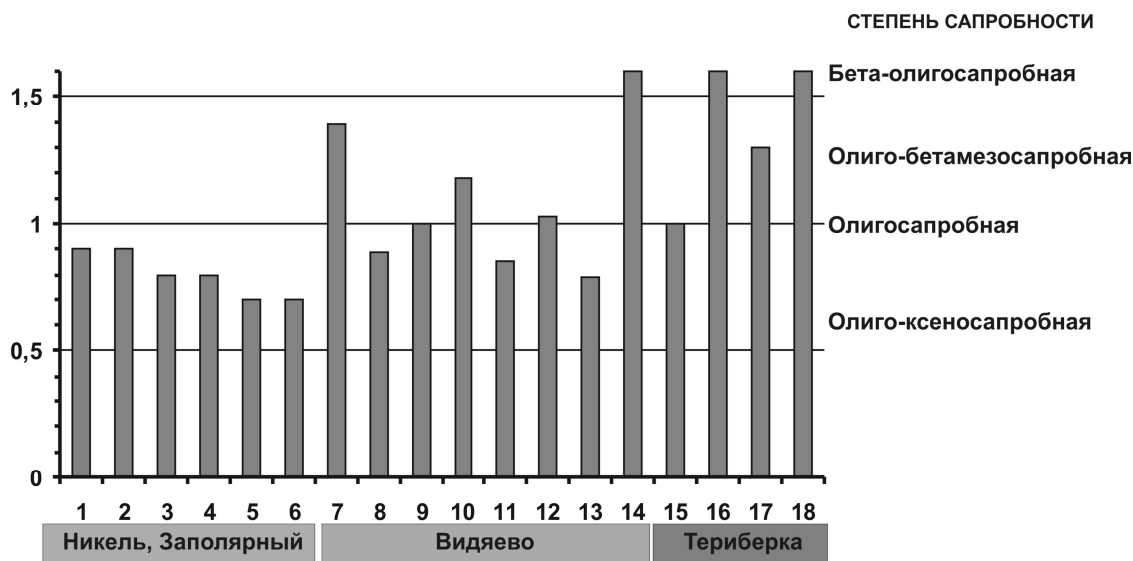


Рис. 4. Степень сапробности некоторых тундровых водоемов в районе поселков Видяево, Никель, Заполярный, Териберка

Исследования показали, что в связи с большим числом видов водорослей фитоперифитона и наличием большего, по сравнению с фитопланктоном, числа таксонов с известным индексом сапробности (S), он наилучшим образом подходит для оценки качества вод. Кроме того, в случае, когда возможен только разовый отбор в течение сезона, сообщества фитопланктона могут не совсем точно отражать истинную картину состояния фитопланктонных сообществ, в то время как фитоперифитон, благодаря прикрепленному образу жизни, обладает определенной экологической инертностью и дает интегральную характеристику с учетом аккумулятивного эффекта.

Были обобщены и проанализированы материалы по пронам фитоперифитона 18 малых водоемов тундровой и лесотундровой зоны, не подверженных непосредственному антропогенному эвтрофированию, и исследована степень сапробности вод (рис. 4). Установлено, что все водоемы характеризуются сравнительно низкими значениями сапробности. Наиболее высокие значения зафиксированы для водоемов в районе пос. Териберка, самые низкие – для водоемов в районе пос. Никель и ЗАТО Заполярный. Вероятно, в результате более мягких локальных климатических условий водоемы, расположенные ближе к побережью Баренцева моря, обладают более высоким трофическим статусом.

Исследования фитопланктона тундровых озер показали, что доля диатомовых водорослей увеличивается в планктоне озер в зависимости от их размера (водности), за счет обильного развития центрических диатомовых водорослей (рис. 5).

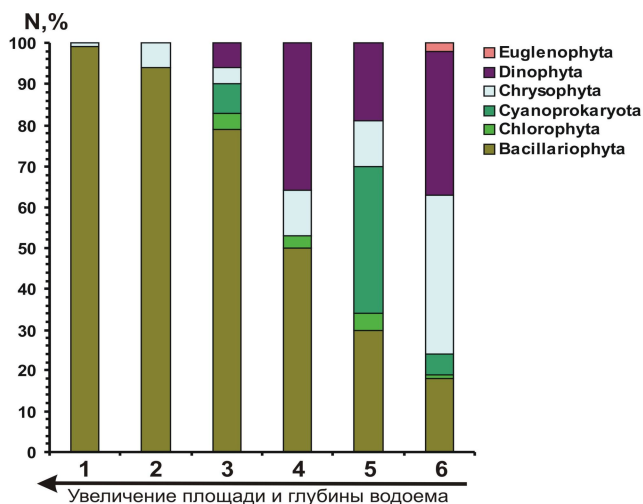


Рис. 5. Увеличение доли диатомовых водорослей в структуре сообществ фитопланктона некоторых водоемов тундровой зоны побережья Баренцева моря

Рис. 6. Представитель красных водорослей – *Batrochospermum sp.*

В водоемах северо-таежных ландшафтных комплексов (центральная часть Кольского п-ова, район 4) видовой состав и структура сообществ водорослей неодинакова и специфична для каждого озера, что свидетельствует о широком спектре условий для развития водорослей в озерах региона в зоне серенной тайги центральной части Кольского п-ова. Были обнаружены водоемы с доминированием зеленых водорослей, что не является характерной чертой субарктических водных экосистем, в то время как для большинства озер доминантами по численности и биомассе были диатомовые. Значительную долю (до 34%) во многих водоемах составляют представители отделов Chrysophyta и Xanthophyta – типичных представителей субарктических озер. Водоросли перифитона водотоков характеризуются значительным обилием (покрытие 80-100% субстрата при толщине обрастаний до 8 см). В структуре сообществ значительную долю (до 85%) составляют красные водоросли рода *Batrochospermum*, характерные для незагрязненных водотоков с высокими показателями цветности (рис. 6). Происходит формирование значительного количества фитобиомассы, играющей ведущую роль в круговоротах веществ и утилизации биогенных элементов, что может быть использовано для оценки потенциала и интенсивности самоочищения водных объектов региона при органическом загрязнении.



Рис. 7. Колонии *Hydrurus foetidus* в истоках ручья Гакмана (Хибинский массив)

Водные объекты системы горных микроландшафтов (Хибинский горный массив, район 3) характеризуются рядом специфических черт. Водоросли способны развиваться в истоках горных рек (600-700 м над у.м.) при полном отсутствии почвы и растительности и минимальных концентрациях биогенных элементов (преимущественно золотистая водоросль – *Hydrurus foetidus* (Vill.) Kirchs). Очевидно, для минерального питания водорослей большое значение имеют процессы выветривания.

На примере модельной горной реки были установлены механизмы, регулирующие развитие перифитона в июле: перифитон наиболее интенсивно развивается в пределах поймы реки на пологом участке, где развит почвенный покров и растительность. Рост перифитона обеспечивают поступающие с этого участка водосбора биогенные элементы, дополнительным источником которых являются временные лужи с гниющими растительными остатками (листья и пр.). Дальнейшая разработка вопросов функционирования пойменных экосистем может помочь оценить возможности экосистем рек для процессов самоочищения. Сезонные изменения в структуре сообществ перифитона проявляются в увеличении общей численности и покрытия субстрата водорослями в конце лета и в начале осени.

Были отмечены эффекты массового развития водорослей на стоке горных озер в апреле, когда водоем покрыт льдом. Наблюдалось массовое развитие золотистых водорослей (*H. foetidus*). Очевидно, массовое развитие водорослей происходит за счет наличия неиспользуемых биогенных элементов (в первую очередь, доступного для водорослей азота) в озере, покрытом льдом, которые в то же время востребованы водорослями на стоке, где возникают благоприятные световые условия. Это доказывает сезонная динамика азота и нитратов, максимальное содержание которых на стоке приходится на апрель-май (рис. 8).

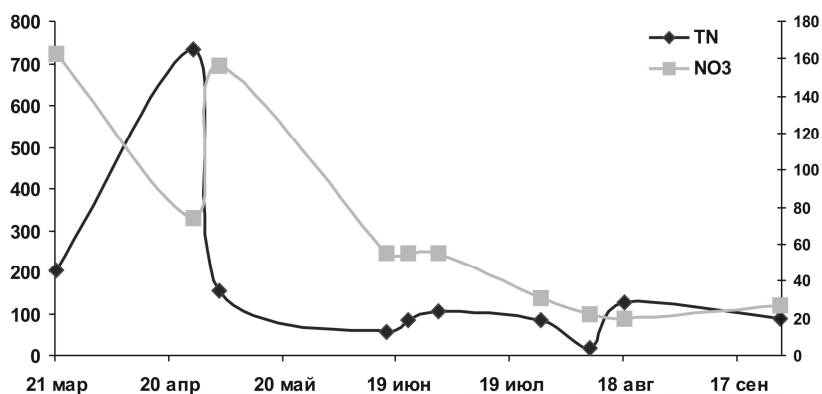


Рис. 8. Обрастания *Hydrurus foetidus* на стоке горного оз. Малый Вудъявр (Хибинский массив) и динамика содержания общего азота (TN, мкгN/л) и нитратов (NO₃, мкгN/л)

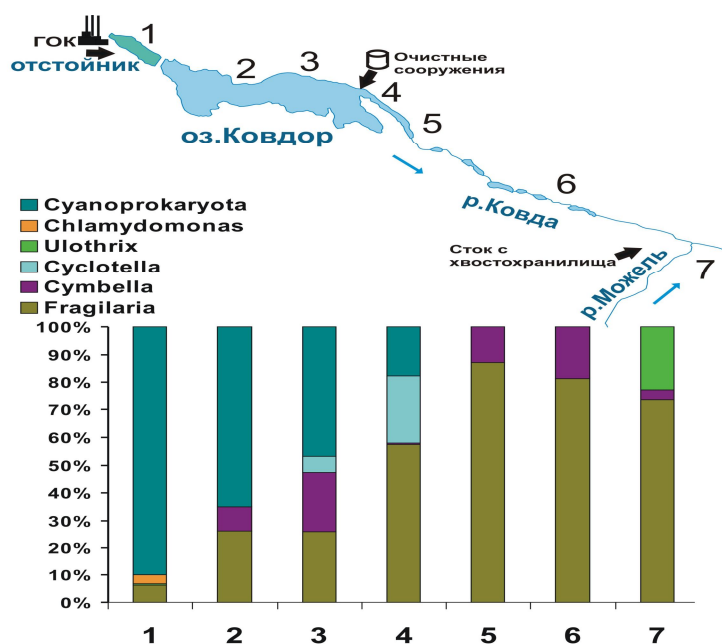


Рис. 9. Распределение соотношения численности (%) доминирующих родов водорослей фитоперифитона в различных участках бассейна р. Ковда и литорали оз. Ковдор

Особенности водорослевых сообществ малых водоемов в условиях загрязнения изучались на примере оз. Ковдор. Водоем испытывает загрязнение стоками апатитовой промышленности (Ковдорский ГОК). Сообщества летнего фитоперифитона различных участков озерно-речной системы бассейна водоема в период максимального развития обрастаний отражают характер градиента распространения загрязнителей в пределах водосборного бассейна (рис. 9). По видовому составу резко отличается технологический отстойник, где доминируют синезеленые водоросли (*Cyanoprokaryota*), способные развиваться в условиях сильного загрязнения. По мере приближения к стоку доля синезеленых уменьшается с одновременным ростом диатомовых. Это связано как с изменением гидрохимических условий, так и с влиянием течения – растет доля реофильных форм. За пределами водоема синезеленые водоросли не были обнаружены в сообществах. В районе поступления стоков вод с хвостохранилища (точка 7) отмечено развитие зеленых водорослей рода *Ulothrix*. Таким образом, очевидно, наблюдается разбавление биогенных элементов и загрязнителей, и в динамичных условиях реки происходит перестройка сообществ фитоперифитона в сторону доминирования диатомовых водорослей рода *Fragilaria*.

Заключение

Для водорослевых сообществ разнотипных водоемов Кольского п-ова выявлены следующие особенности:

- анализ среднего содержания хлорофиллов показал, что в естественных условиях фитопланктон интенсивнее развивается в водоемах тундровой зоны побережья Баренцева моря, чем в северо-таежных водных экосистемах, несмотря на более высокое содержание биогенов в водоемах тайги (рис. 10). Очевидно, это объясняется особенностями регионального климата и процессами формирования вод на водосборах в зависимости от древесной растительности и степени заболоченности.

- тундровых водоемах средняя численность фитопланктона намного выше, чем в горных и северо-таежных озерах (рис. 11). Очевидно, это также объясняется благоприятным температурным режимом вследствие влияния моря, сравнительной мелководностью тундровых водоемов и пониженным уровнем утилизации биогенных элементов на водосборе.

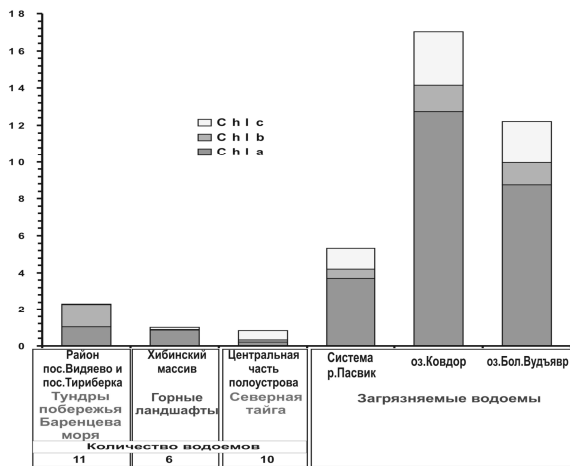


Рис. 10. Среднее содержание хлорофиллов ($\text{мг}/\text{м}^3$) в разнотипных водоемах Кольского полуострова

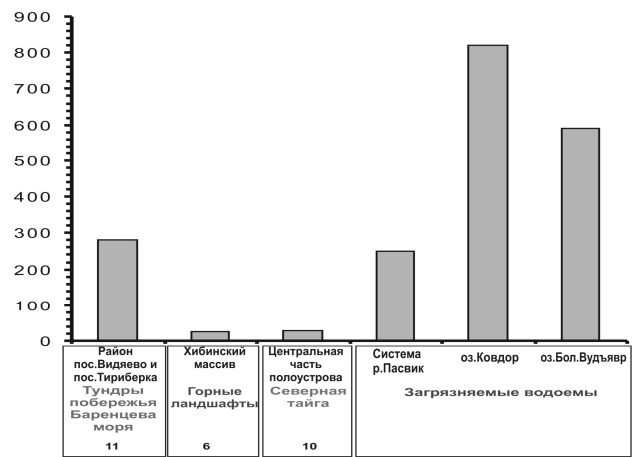


Рис. 11. Средняя численность фитопланктона (тыс. экз./л) в разнотипных водоемах Кольского полуострова

- оценка видового разнообразия показала, что наиболее богаты в видовом отношении сообщества фитопланктона тундровых водоемов, и фитоперифитона водных объектов горного массива Хибин (рис. 12). Разнообразие фитоперифитона горных регионов объясняется наличием разнообразных условий на сравнительно небольшой территории, что позволяет формироваться разнотипных группировкам водорослей. Высокое разнообразие планктона тундровых озер отчасти объясняется их мелководностью, в связи с чем многие бентосные виды и обрастатели переходят в планктон, обогащая видовой состав.

- по всем показателям резко отличаются водоемы, испытывающие трансформирующее действие антропогенных факторов (рис. 10-12). Для этих водоемов средние значения численности, биомассы и содержания хлорофиллов в планктоне в несколько раз превышают фоновые показатели. Среди исследованных водоемов максимальные среднегодовые показатели численности фитопланктона и содержания хлорофиллов зафиксированы для оз. Ковдор. Для загрязняемых водных объектов не было отмечено катастрофического снижения видового разнообразия водорослей по сравнению с естественно-природными водоемами.

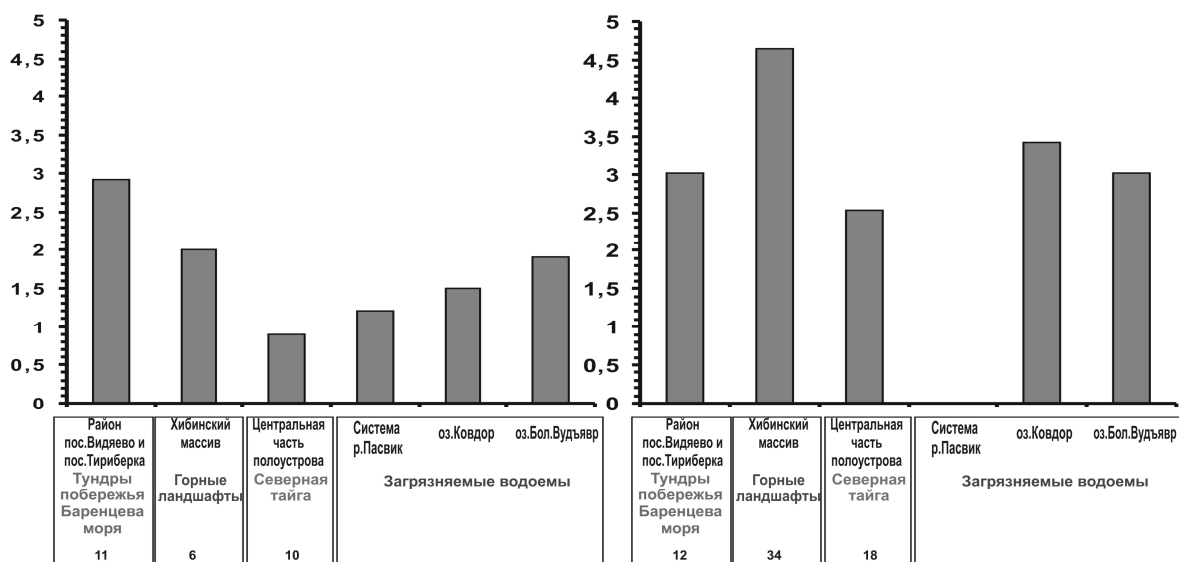


Рис. 12. Средние значения видового разнообразия (индекс Шеннона-Уивера, H' , бит/экз.) фитопланктона (слева) и фитоперифитона (справа) в разнотипных водоемах Кольского полуострова

Таким образом, в ненарушенных антропогенной деятельностью водных объектах, структурно-функциональная организация водорослевых сообществ определяется локальной дифференциацией условий

в пределах ландшафтного комплекса. Все воды относятся к лимносапробной категории (S от 0 до 2.0) и характеризуются ультраолиготрофным и олиготрофным трофическим статусом по содержанию хлорофилла «а». Антропогенно-модифицированные водные экосистемы характеризуются экстремально высокими значениями S (до 3.5) и содержанием хлорофилла «а» (до 32 мг/м³), в то же время наличие токсического загрязнения и минеральной взвеси угнетает развитие водорослей, что требует дальнейших исследований в области нормирования антропогенной нагрузки и оценки качества вод на основе показателей водорослевых сообществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашулин Н.А. Денисов Д.Б., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Малиновский Д.Н., Вандыш О.И., Ильяшук Б.П., Кудрявцева Л.П. Антропогенные изменения водных систем Хибинского горного массива (Мурманская область). Т. 1. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. 250 с.
2. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2001. 147 с.
3. Баринаева С.С. Биоразнообразие водорослей в анализе экологической ситуации. Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. Минск: БГУ, 1999. С. 29-30.
4. Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с.
5. Bradshaw A.D. Comparison – its scope and limits // *New Phytol.* 1987. 106 (1), Suppl. P. 3-21.
6. Reynolds C.S. The state of freshwater ecology // *Freshwater Biol.* 1998. 39 (4). P. 741-753.
7. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков. 1982. № 1115. 9 с.
8. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер различных природных зон. М.: Наука, 1984. 309 с.
9. Макрушин А.В. Биоиндикация загрязнения внутренних водоемов // Биологические методы оценки природных вод. М.: Наука, 1984. С. 123-137.
10. Руководство по методам биологического анализа поверхностных вод суши и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеоздат, 1983.
11. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. Приложение I. Индикаторы сапробности. М.: СЭВ, 1977. С. 11-42.
12. Standard method for examination for water and wastewater. USA, 1975. 1195 p.
13. Шаров А.Н. Фитопланктон водоемов Кольского полуострова. Петрозаводск: Изд. Карел. науч. центр РАН, 2004. 113 с.
14. Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды. Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука, 1967. С. 26-31.
15. Sladecek V. System of water quality from biological point of view // *Ergebn. limnol.* 1973. 7. P 1-128.
16. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск, 1960. 329 с.

Сведения об авторе

Денисов Дмитрий Борисович – к.б.н., старший научный сотрудник, e-mail: denisow@inper.ksc.ru

ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМАХ СИГА ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОЙ ФЕННОСКАНДИИ

П.М. Терентьев, Н.А. Кашулин

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

Аннотация

Исследованы закономерности накопления тяжелых металлов в организмах сига водоемов Северной Фенноскандии в условиях продолжительного влияния промышленного загрязнения. Установлено, что накопление поллютантов в организмах рыб имеет градиентный характер в отношении приоритетных загрязняющих веществ. Анализ накопления металлов в органах-мишенях рыб, наиболее отчетливо характеризующих интенсивность нагрузки тяжелых металлов на пресноводные экосистемы, показал, что, несмотря на значительное снижение уровня производства предприятия в конце прошлого столетия и последующее сокращение промышленных выбросов в последнее время, состояние пресноводных экосистем региона остается без значительных улучшений. Выявлена тенденция к росту содержания ртути в организмах рыб исследованных водоемов, свидетельствующая о глобальном характере распространения данного элемента в субарктических широтах.

Ключевые слова:

тяжелые металлы, промышленное загрязнение, обыкновенный сиг, Северная Фенноскандия.

Рыбы, являясь ценными биологическими объектами с промысловой точки зрения, широко используются также как индикаторы влияния различного рода токсических агентов на организм и экологического состояния водных экосистем в целом. Особую опасность для рыб водоемов Северной Фенноскандии представляет долговременное разноуровневое воздействие тяжелых металлов [1-2]. Влияние проявляется в изменении химического состава и морфологических характеристик клеток, осмотических функций, приводит к возникновению и образованию патологических форм, мутаций, нарушению дыхания и ориентации гидробионтов в пространстве. Подобные изменения, несомненно, отражаются на популяции в целом, что проявляется в трансформации ее основных характеристик [3-9].

Способность тяжелых металлов переноситься на значительные расстояния за счет воздушного переноса и накапливаться в организмах рыб может отражать уровни нагрузки на водные экосистемы за продолжительный период на достаточно обширной территории.

Приграничные территории Северо-запада России, Севера Норвегии и Финляндии в течение многих десятилетий испытывают негативное влияние тяжелых металлов, связанное с деятельностью крупнейшего в Северной Европе предприятия цветной металлургии «Печенганикель». Приоритетными загрязняющими веществами предприятия являются медь и никель. Несмотря на значительное снижение уровня производства на предприятии в конце прошлого столетия и сокращение промышленных выбросов в последнее время состояние пресноводных экосистем региона остается без значительных улучшений [10]. Известно, что мобилизация тяжелых металлов, накопленных в почвах на территориях водосборов, может привести к тому, что их концентрации в водоемах будут оставаться на значительных уровнях еще в течение нескольких столетий [11]. Кроме того, в настоящее время особое внимание приобретает проблема ртутного загрязнения водоемов Арктики и Субарктики, обусловленная процессами глобального трансграничного переноса [12]. В данной работе оценены пространственно-временные особенности накопления меди, никеля и ртути в отдельных органах сига ряда озер Северной Фенноскандии.

Материал и методы

Работы по изучению уровней накопления тяжелых металлов в организмах рыб проводились в период с 2002 г. по 2007 г. на водоемах, расположенных в северо-западной части Мурманской области в приграничном районе между Россией, Финляндией и Норвегией (табл. 1, рис. 1). Основным объектом исследований был выбран сиг *Coregonus lavaretus* (рис. 2) как наиболее подходящий индикаторный вид субарктических водоемов [1, 13-14].

Географическое положение и удаленность исследованных водоемов от источника загрязнения

Название озера	Удаленность от комбината «Печенганикель», км	Координаты
1. Куэтсъярви	2	69°26.052'; 30°09.447'
2. Виртуовошъяур	92	68°45.894'; 28°47.548'
3. Кочеяур	109	68°35.853'; 28°40.250'

Обловы проводились стандартным набором донных сетей длиной 25 м и высотой 1.5 м с размерами ячеек: 16, 20, 31, 36, 40 мм из нейлонового монофиламента с диаметром нити 0.15 мм для сетей с малой ячейкой и 0.17 мм для сетей с большой ячейкой. Это позволяло вылавливать рыб всех возрастных групп с размерами 8-10 см и более. Только что выловленную рыбу в течение короткого времени подвергали ихтиологической обработке, заключающейся в описании состояния основных показателей. Обработка ихтиологического материала проводилась согласно методикам, описанным ранее [1, 15-18]. Для определения содержания тяжелых металлов в органах и тканях рыб, отбиралось 10-15 экземпляров одинакового размера. Из этих особей отбирались пробы печени, почек, жабр, кусочки ткани и скелета (позвоночник). Отбор проб производили при помощи скальпеля и ножа из нержавеющей стали. Отобранные органы и ткани замораживали для дальнейшего определения содержания уровня тяжелых металлов в лаборатории. Определение проводилось в ЦКП физико-химических методов анализа Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.517126). Навеска ткани высушивалась до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 105°C. Пробы разлагались в микроволновой печи Multiwave 3000 (Anton Paar, AUSTRIA) в тефлоновых автоклавах по программе разложения мягких тканей рыбы, указанной в руководстве: навеска 0.5-0.7 г, 2 мл воды, 4 мл HNO₃, 0.5 мл HCl; 13 минут при мощности 600 Вт, 10 минут при мощности 400, 20 минут – охлаждение. После разложения объем пробы доводился до 15 мл. Определение Cu и Ni проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре Perkin-Elmer 5000, с графитовым атомизатором HGA-400 после разбавления исходных проб в 5-50 раз. Определение Hg проводилось с помощью атомной абсорбции методом холодного пара на FIMS (Perkin-Elmer) с разбавлением проб от 5 до 500 раз в зависимости от органа.



Рис. 1. Карта-схема района исследований (1 – оз. Куэтсъярви; 2 – оз. Виртуовошъяур; 3 – оз. Кочеяур)

Особенностью поведения тяжелых металлов в живых организмах является то, что их накопление в органах и тканях происходит неравномерно. Органы, в которых накопления того или иного металла происходит наиболее интенсивно, называют «органом-мишенью». В данной работе рассматриваются особенности накопления меди в печени, а никеля в почках сига. Известно, что ртуть наиболее интенсивно концентрируется в почках. Однако в силу высокой токсичности металла и возможном употреблении рыб в пищу человеком, в данном исследовании основное внимание уделено накоплению ртути в мышечной ткани сига.

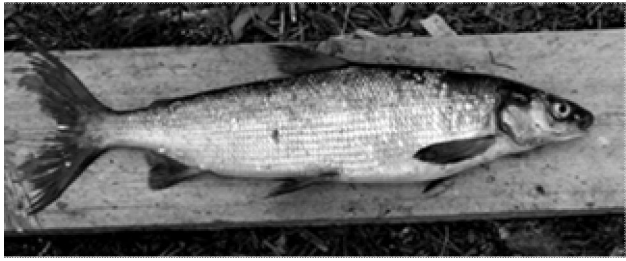


Рис. 2. Сиг *Coregonus lavaretus*

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что медь в наиболее высоких концентрациях накапливается в печени сига всех исследованных водоемов. Для никеля аналогичным органом являлась почка. Максимальные содержания металла в почках сига озера Куэтъярви достигают 74 мкг/г сух. веса. Кроме того, было обнаружено, что накопление никеля в организмах рыб ряда водоемов, в особенности в малых

лесных озерах (Кочеяур, Витруовошъяур), также интенсивно происходит в скелете (до 8.87 мкг/г сух. веса). Интенсивность накопления рассматриваемых металлов в организмах сига исследованных водоемов имеет следующую последовательность (по мере уменьшения концентрации): медь – печень>почки>жабры>мышцы; никель – почки>жабры>печень>мышцы; ртуть – печень/почки>мышцы>жабры.

Полученные за период 2002-2007 гг. результаты по оценке содержаний тяжелых металлов в органах сига исследованных водоемов показали, что для озера Куэтъярви как наиболее интенсивно загрязняемого водоема характерна высокая вариабельность в накоплении приоритетных загрязняющих веществ, имеющая тенденцию к росту в организмах сига в последние годы (рис. 3).

Для озер лесной зоны (Кочеяур, Витруовошъяур), несмотря на достаточное их удаление от источника загрязнения (табл. 1) и близкое расположение относительно друг друга, характер накопления приоритетных загрязнителей имеет противоположную направленность (рис. 3). Концентрации меди в печени и никеля в почках сига озера Витруовошъяур были значительно ниже в 2007 г. по сравнению с данными за предшествующий период. Тем не менее, абсолютные показатели никеля в почках сига данного водоема были выше по сравнению с рыбами озера Кочеяур (рис. 3, 4).

Особо следует отметить значительный рост содержаний ртути в мышечной ткани сига исследованных водоемов за весь период наблюдений. Помимо мышечной ткани, аналогичная тенденция отмечена и в других анализируемых органах рыб, включая хищные виды.

Регистрируемые различия в накоплении меди и никеля в органах рыб озер Витруовошъяур и Кочеяур, расположенных на значительном удалении от источников промышленного загрязнения, очевидно, связаны с их природными особенностями. Малые размеры водоемов при атмосферном типе их питания и значительных площадях водосборной поверхности влияют на поступление загрязняющих веществ в водоемы и аккумуляцию их в биологических системах и донных отложениях.

Накопление меди в печени, а никеля в почках и костной ткани рыб малых лесных озер свидетельствует о постоянной долговременной нагрузке тяжелых металлов на водоем и рыбную часть сообщества, связанной с деятельностью предприятий медно-никелевого производства.

Содержание ртути во всех органах рыб исследованных водоемов демонстрирует в последние годы тенденцию к неуклонному росту. Депонирование избытка металлов в мышечной ткани согласуется с общепринятыми представлениями о накоплении ртути по трофическим цепям. Следует отметить, что уровни накопления ртути в организмах сига могут отражать процессы глобального загрязнения природных экосистем, поскольку они не согласуются с уровнями нагрузки на водоемы и их удаленностью от источников промышленного загрязнения (рис. 4).

Избыточное поступление меди и никеля, являющихся приоритетными загрязняющими веществами северо-западной части Фенноскандии, способно оказывать серьезное токсическое воздействие на функционирование биологической части сообществ. Установлено, что токсическое влияние тяжелых металлов на организмы сига наиболее отчетливо прослеживаются у рыб, обитающих вблизи промышленного предприятия. Известно, что у сигов, подвергаемых в лабораторных условиях действию никеля, поступающего в организм с пищей, наблюдалось схожие поведенческие реакции, что и у сигов в контрольных аквариумах. Было установлено, что распределение никеля в тканях рыб в лабораторных условиях происходит аналогично естественным условиям [19]. В водоемах, подверженных интенсивному влиянию металлургических предприятий, в популяциях рыб наблюдаются структурные изменения, выражающиеся в их омоложении, сокращении числа возрастных классов, раннем половом созревании особей. На организменном уровне в качестве ответа на стресс у рыб развиваются патологические изменения органов и тканей, развитие новообразований, некоторые из которых являются специфическими на воздействие тяжелыми металлами [1, 20-23].

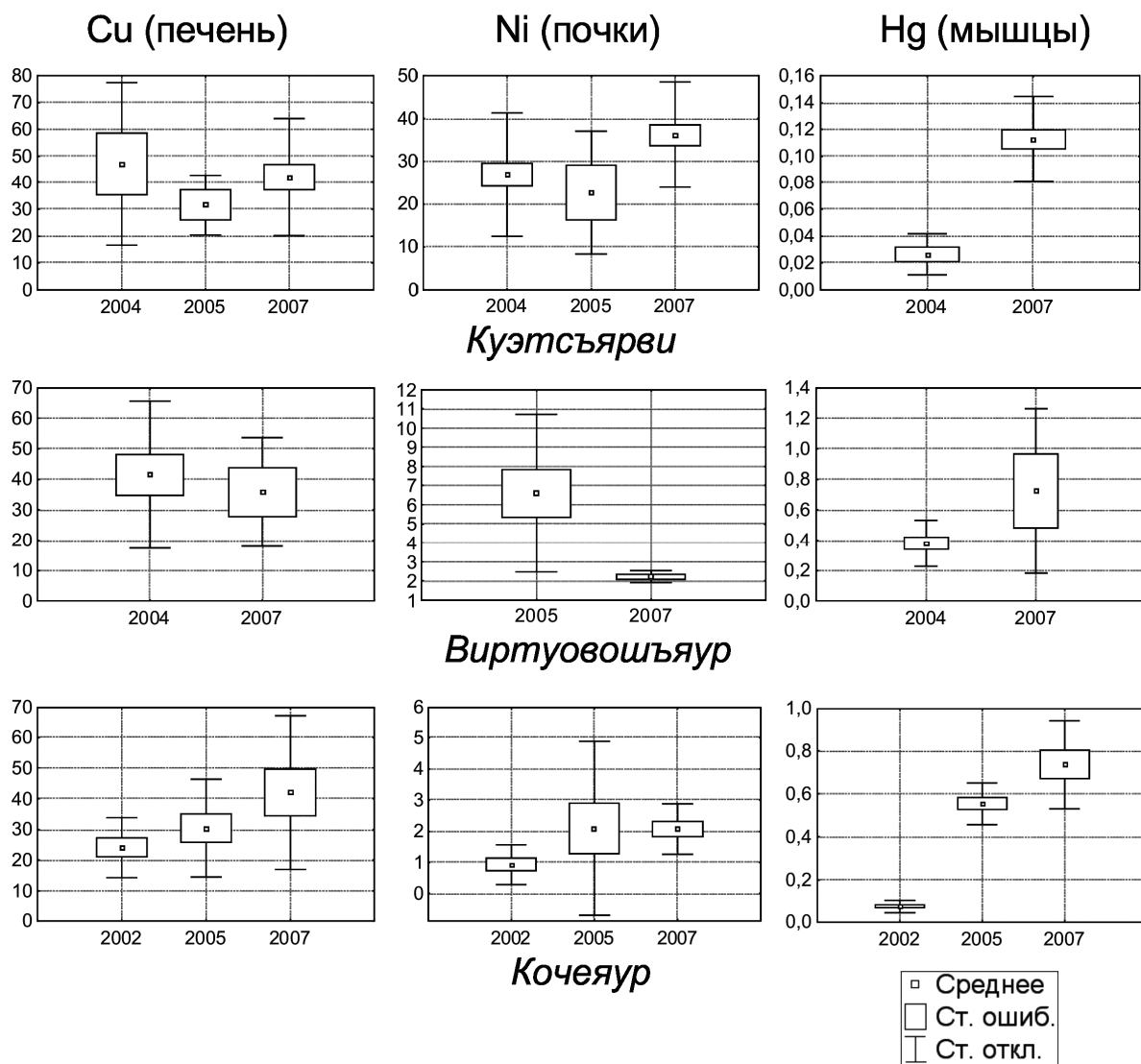


Рис. 3. Динамика содержания меди, никеля и ртути в органах-мишенях сига исследованных водоемов (в мкг/г сухого веса)

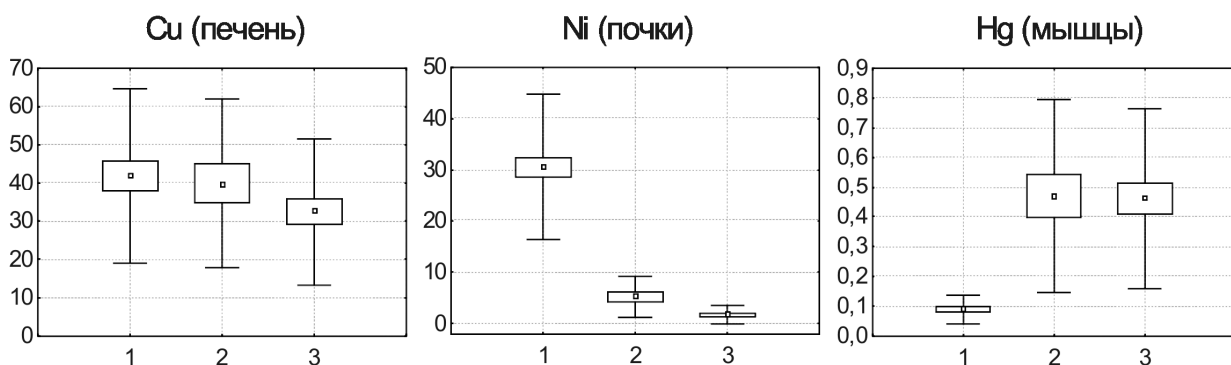


Рис. 4. Содержание тяжелых металлов в органах-мишенях рыб исследованных водоемов относительно градиента нагрузки: 1- Куэтсьярви, 2 – Виртуовошъяур, 3- Кочеяур (в мкг/г сухого веса)

Пространственные особенности накопления рассматриваемых металлов (Cu и Ni) в организмах сига подчинены градиентной зависимости относительно источника загрязнения – предприятия Печенганикель. В особенности это касается никеля. Содержание ртути в тканях сига демонстрирует обратную картину, что доказывает глобальный характер распространения и поступления токсиканта на водосборные площади исследованных водоемов (рис. 4).

Наиболее серьезные патологические изменения в организмах сига закономерно отмечены у рыб наиболее интенсивно загрязняемого водоема (оз. Куэтсьярви) и затрагивают практически все органы и ткани (рис. 5). Следует отметить, что в озерах Кочеяур и Виртуовошьяур, несмотря на удаленность от источников аэротехногенного загрязнения, регистрировалась достаточно высокая численность рыб с поражениями почек, печени и жабр (рис. 6). Однако степень данных изменений можно охарактеризовать как начальную. Характер и частота встречаемости патологий сига исследованных озер также отражает градиентную зависимость (рис. 6), подтверждая негативное влияние сублетального продолжительного влияния тяжелых металлов на организмы рыб субарктических водоемов. Необходимо отметить, что аналогичные процессы у представителей рыбной части сообществ зарегистрированы и в других водоемах Северной Фенноскандии. Таким образом, отрицательные последствия аэротехногенного загрязнения пресноводных экосистем могут проявляться на достаточно обширной территории.

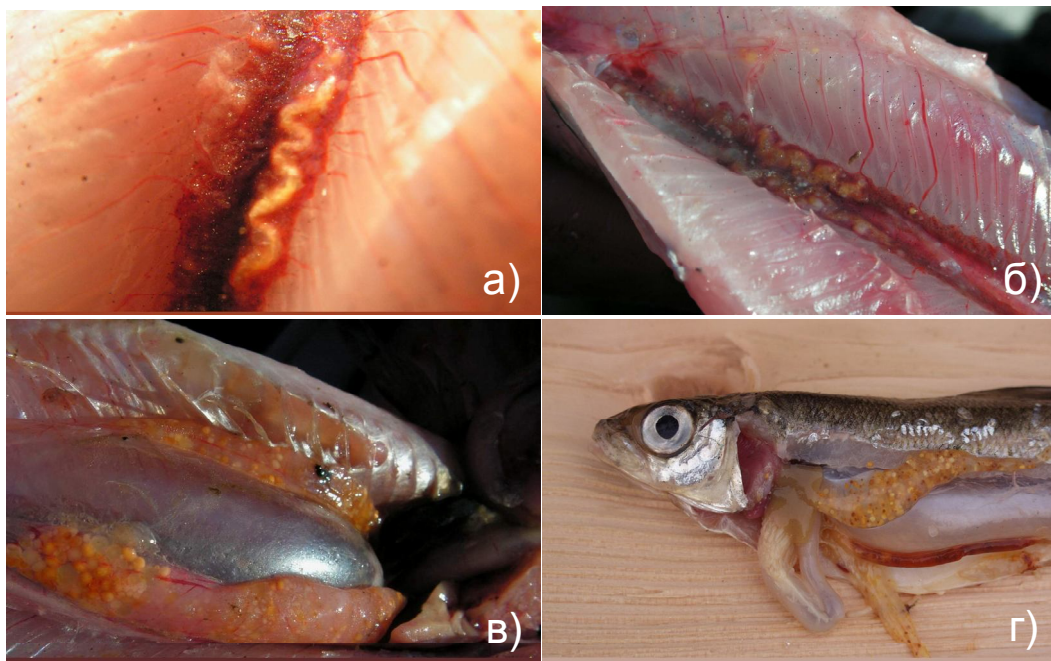


Рис. 5. Патологические изменения в организмах сига: а – соединительно-тканые перерождения почек; б – почечнокаменная болезнь; в – патологии гонад; г – серьезные патологические изменения органов

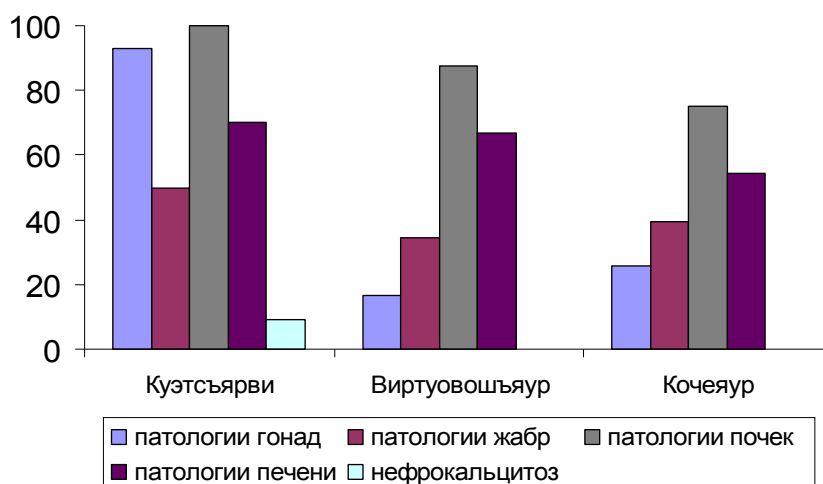


Рис. 6. Частота встречаемости патологических изменений внутренних органов сига исследованных водоемов относительно градиента нагрузки, %

Заключение

Анализ пространственно-временных особенностей накопления тяжелых металлов в организмах рыб Северной Фенноскандии на примере озер северо-западной части Мурманской области показал, что снижение объемов выбросов предприятием «Печенганикель» за прошедшее десятилетие не привело к значительному улучшению состояния рыбной части сообществ. В частности, для приоритетных загрязняющих веществ – меди и никеля – отмечается тенденция к росту их содержания в организмах сига озер, расположенных как в непосредственной близости от источника загрязнения, так и расположенных в пределах 90-100 км от предприятия. Помимо существующей нагрузки тяжелых металлов на водоемы, расположенные даже на большом удалении от источников загрязнения, значительный вклад в поступление поллютантов в водоемы и биологические объекты вносят водосборные поверхности водоемов, а также донные отложения, в которых депонируются значительные количества загрязняющих веществ. В исследованных водоемах, подверженных разноуровневому загрязнению тяжелыми металлами, отмечена градиентная зависимость в накоплении меди и никеля в органах-мишенях сига, согласующаяся с интенсивностью развития патологических трансформаций в организмах рыб.

Ртутному загрязнению пресноводных экосистем в мире в настоящее время посвящено значительное количество исследований [12, 24-25]. Однако в условиях интенсивного загрязнения водоемов Северной Фенноскандии тяжелыми металлами и кислотообразующими веществами локальных источников – предприятий цветной металлургии, данной проблеме не уделяется должного внимания. Вместе с тем, имеющиеся данные свидетельствуют о постоянном росте содержания данного металла в природных средах, особенно в рыбах – ценных биологических объектах. Регистрируемая практически повсеместно тенденция к увеличению уровня накопления ртути в органах и тканях рыб в настоящее время требует усиления внимания к изучению и постоянному контролю содержания данного элемента в природных средах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.А. Рыбы пресных вод субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1999. 142 с.
2. Терентьев П.М. Особенности динамики популяций рыб в водоемах Кольского севера в условиях их аэротехногенного загрязнения: автореф. дисс. ... соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Петрозаводск, 2005. 28 с.
3. Христоворова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 152 с.
4. Couillard Y. Technical evaluation of metallothionein as a biomarker for the mining industry. AETE Project 2.2.1 // Natural resource Canada, Ottawa, Ontario. 1997. 364 p.
5. Cooley H.M., Evans R.E., Klavercamp J.F. Baseline measurements of indicators for sublethal effects of metals in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2002. Vol. 43. P. 418-424.
6. Handy R.D. The effect of acute exposure to dietary Cd and Cu on organ toxicant concentrations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* // Aquatic Toxicology. 1993. 27. (1-2). P. 1-14.
7. Hansen J.A., Lipton J., Welsh P.G., Morris J., Cacela D., Suedkamp M.J. Relationship between exposure duration, tissue residues, growth, and mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles sub-chronically exposed to copper // Aquatic Toxicology. 2002. V. 58. P. 175-188.
8. Hollis L., McGeer J.C., McDonald D.G., Wood C.M. Effects of long term sublethal Cd exposure in rainbow trout during soft water exposure: implications for biotic ligand modelling // Aquatic Toxicology. 2000. 51. (1). P. 93-105.
9. Sorensen E.M. Metal poisoning in fish. U.S.A. Texas: CRC Press, 1992. 362 p.
10. State of the Environment in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area (K. Stebel, G.N. Christensen, J. Derome and I. Grekelä (editors). The Finnish Environment. 2007. Vol. 6. 88 p.
11. Nriagu J.O., Wong H.K.T., Lawson G., Daniel P. Saturation of ecosystems with toxic metals in the Sudbury basin, Ont., Canada // Sci. Total Environ. 1998. Vol. 223. P. 99-117.
12. AMAP. Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. Oslo, Norway, 2005. 652 p.
13. Моисеенко Т.И., Лукин А.А., Кашулин Н.А. Сиг – как тест-объект для биоиндикации качества вод озер Крайнего Севера // Современные проблемы сиговых рыб. Владивосток, 1991. С. 213-224.
14. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 300 с.
15. Аршаница Н.М., Лесников Л.А. Патологоморфологический анализ состояния рыб в полевых и экспериментальных токсикологических исследованиях // Методы ихтиотоксикологических исследований. Л.: ГосНИОРХ НПО Промрыбвод, 1987. С. 7-9.
16. Известия всесоюзного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства, т. XLVI. Ленинград, 1956. 65 с.
17. Мина М.В. Задачи и методы изучения роста в природных условиях // Современные проблемы ихтиологии. М.: Наука, 1981. С. 177-195.
18. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 456 с.
19. Ptashynski M.D., Kleverkamp J.F. Accumulation and distribution of dietary nickel in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) // Aquat. Toxicol. 2002. Vol. 58. P. 249-256.
20. Моисеенко Т.И. Изменение стратегии жизненного цикла рыб под воздействием хронического загрязнения вод // Экология. 2002. № 1. С. 50-60.
21. Triebleskom R., Adam S., Casper H., Honnen W., Pawert M., Schramm M., Schwaiger J., Kohler H. Biomarkers as a diagnostic tools for evaluating effects of unknown Past Water quality conditions on stream organisms // Ecotoxicology. 2002. Vol. 11. P. 451-465.
22. Weber L.P., Dubé M.G., Rickwood C.J., Driedger K., Portt C., Breerton C., Janz D.M. Effects of multiple effluents on resident fish from Junction Creek, Sudbury, Ontario // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2008. Vol. 70 (3) P. 433-445.
23. Berg T., Bartnicki J., Munthe J., Lattila H., Hrehoruk J., Mazur A. Atmospheric mercury species in the Arctic: measurements and modelling. Atmospheric Environment 35. 2001. P. 2569-2582.
24. Håkanson L., Nilsson A., Andersson T. Mercury in fish in Swedish lakes. Environmental Pollution, 1988. 49. P. 145-162.
25. Pacyna E.G., Pacyna J.M. Global emission of mercury from anthropogenic sources in 1995 // Water Air Soil Pollut. 2002. 137 (1-4). P. 149-165.

Сведения об авторах

Терентьев Петр Михайлович – к.б.н., старший научный сотрудник, e-mail: masloboev@inep.ksc.ru
Кашулин Николай Александрович – д.б.н., зам. директора института, e-mail: nikolay@inep.ksc.ru

УДК 553:622.272.013

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕСУРСОСБАЛАНСИРОВАННОГО ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ

Н.Н. Мельников, В.М. Бусырев
Горный институт КНЦ РАН

Аннотация

Предложена концепция и методы решения ключевых задач недропользования с соблюдением сбалансированности экономических интересов государства – владельца недр и горнопромышленного комплекса как основы рационального использования минерально-сырьевой базы.

Ключевые слова:

концепция, стоимость запасов, ключевые задачи недропользования, методы решения, сбалансированность интересов.

В мировой практике использования минерально-сырьевой базы изначально сложилась ситуация, при которой к запасам полезных ископаемых, находящимся в недрах, не применяется оценка их стоимости. В отличие от всех других ресурсов (материально-технических, трудовых, энергетических и др.), расходуемых при освоении месторождений и имеющих каждый определенную стоимость, полезные ископаемые «этой возможности лишены». Нельзя сказать, что этот «пробел» оставался незамеченным, поскольку имел далеко идущие последствия.

Академик Н.П. Федоренко [1] отмечал, что среди причин недостаточно эффективного освоения месторождений наиболее глубокая – отсутствие народно-хозяйственной оценки природных ресурсов и соответствующего ей экономического механизма, стимулирующего их рациональное использование. Более категорично высказали свое мнение по поводу сложившейся ситуации академики Н.В. Мельников и М.И. Агошков [2] и другие видные ученые [3], считавшие, что в современных условиях необходимо правильно установить плату за недра и покончить с подходом к полезным ископаемым как даровым.

В последнее время вновь выдвигаются предложения о применении рентного подхода к платежам за недра. Такой подход позволяет изъять у недропользователя ту часть прибыли, которая получена из-за особо благоприятных условий освоения месторождений, в том числе обусловленных временно выборочной отработкой лучших участков месторождений. В этом частном случае рентный подход, в сравнении с существующей налоговой системой, более соответствует одному из принципов государственной политики [4] об обеспечении справедливого распределения между государством и недропользователями доходов от использования ресурсов недр. Однако, как и действующая в настоящее время налоговая система, рентный подход имеет общий с ней недостаток: в его основу не положен принцип учета качества, количества и стоимости запасов, израсходованных недропользователями на производство товарной продукции.

На основе анализа мирового потребления минерально-сырьевых ресурсов, темпов расходования запасов и восполнения минерально-сырьевой базы, возрастающей труднодоступности ее источников, особой значимости минерально-сырьевых ресурсов для России обоснована концепция привлечения стоимости запасов полезных ископаемых, расходуемых горнопромышленным комплексом, к формированию экономических показателей освоения месторождений [5-6].

Метод определения стоимости полезных ископаемых в недрах [7-10], разработанный Горным институтом КНЦ РАН и предложенный впервые, основан на выяснении и учете зависимости ее величины от качества запасов полезных ископаемых и природных условий месторождений, влияющих на затраты других ресурсов при использовании запасов. В основу определения стоимости положен принцип привлечения затрат, понесенных на разведку и соответствующей им прибыли, а также сверхприбыли либо ущерба, зависящих от дохода, затрат на разведку, капитальные и эксплуатационные работы. Универсальная формула стоимости 1 т запасов полезных компонентов в месторождении, руб/т:

$$C_n = C_p (1 + K_{np.}) + \frac{\Delta Pr}{Bc}, \quad (1)$$

где C_p – затраты на разведку 1 т полезного компонента в месторождении, руб./т;

$K_{np.}$ – нормативная прибыль на понесенные затраты, доли ед.;

B – запасы полезного ископаемого, м³; т;

c – содержание полезного компонента в запасах, кг/м³ (%);

ΔPr – сверхприбыль либо ущерб в зависимости от качества полезного компонента и природных условий освоения месторождения, руб.:

$$\Delta Pr = D_k C_o (1 - 0.01H) - D_k C_k (1 + K_{np.}) - Bc C_p (1 + K_{np.}), \quad (2)$$

где D_k – количество произведенной товарной продукции в рассматриваемый период, т;

C_o – цена товарной продукции, руб./т;

H – сумма налоговых ставок общего назначения на налог, %;

C_k – себестоимость товарной продукции, руб./т.

Стоимость запасов полезных компонентов месторождений, как это следует из выражений (1) и (2), может быть представлена формулой, руб/т:

$$C_n = \frac{D_k C_o (1 - 0.01H) - D_k C_k (1 + K_{np.})}{Bc}, \quad (3)$$

числитель которой показывает остаток от дохода, приходящегося государству как собственнику недр и участнику поисков и разведки месторождений после отчислений горнопромышленному предприятию его затрат и прибыли на них.

При освоении новых месторождений стоимость запасов важно определить для начальной стадии их эксплуатации, в течение которой происходит возмещение из дохода первоначальных капитальных (и текущих) затрат [11]:

$$\Delta Pr = D_k C_o (1 - 0.01H) - 3(1 + K_{np.}) - K_g (1 + K_{np.}) - Bc C_p (1 + K_{np.}); \quad (4)$$

$$C_n = \frac{D_k C_o (1 - 0.01H) - D_k C_k (1 + K_{np.}) - K_g (1 + K_{np.})}{Bc}, \quad (5)$$

где K_g – возмещение капитальных затрат в начальный период эксплуатации с компенсацией потерь их денежной ценности с момента производства капитальных работ [11], руб.



Ключевые задачи недропользования

При низком качестве полезного ископаемого и неблагоприятных природных условиях освоения месторождения выражение (2) может принять отрицательное значение, вследствие чего стоимость запасов окажется меньше затрат на их разведку. А при более худших условиях, где величина ущерба по абсолютной величине превысит значение $C_p(1+K_{np.})$, стоимость запасов таких месторождений

примет отрицательное значение. Такое реагирование стоимости запасов на изменение природных условий освоения месторождений подтверждает возможность реализации предложенной концепции при решении ключевых задач недропользования (рис.). В первую очередь это касается задач, связанных с обеспечением сбалансированности экономических интересов собственника недр и недропользователей, поскольку это является главным условием решения проблемы рационального использования минерально-сырьевой базы страны.

Исследования в области теории и методологии решения задач рационального использования минерально-сырьевой базы, в основу которых принята предложенная концепция [5-6], ведутся Горным институтом КНЦ РАН с 1991 г.

Применительно к месторождениям, находящимся в эксплуатации, разработан метод экономической оценки применяемой и совершенствуемой технологии их освоения [9-10]. Метод позволяет определить стоимость запасов, израсходованных горным предприятием, полные затраты, включая разведку, на производство товарной продукции и прибыль от ее реализации с учетом всех расходов как недропользователя, так и государства – собственника недр. Благодаря более полному учету расходов всех ресурсов (минерально-сырьевых, трудовых, материально-технических, энергетических и пр.) обеспечивается объективность оценки результатов эксплуатации и применяемой при этом геотехнологии.

Разработан метод экономической оценки полноты использования запасов минерально-сырьевой базы при эксплуатации месторождений с привлечением для этой цели стоимости израсходованных запасов. Метод позволяет оценить в стоимостном измерении полноту извлечения полезных компонентов из недр в товарную продукцию и соответственно стоимость потерянного при этом сырья. Полученная информация может способствовать более всесторонней оценке эффективности применяемой технологии освоения месторождений, что особенно важно для месторождений ценных и редких полезных компонентов.

Ввиду известной некоторой противоречивости экономических интересов государства-собственника недр и недропользователей, важное значение для успешного решения проблемы рационального использования минерально-сырьевой базы имеет соблюдение сбалансированности интересов обеих сторон при распределении полученного дохода. Разработанный метод распределения дохода [9-10], основанный на привлечении к решению этой задачи стоимости запасов, израсходованных горным предприятием на производство товарной продукции, дает возможность соблюсти желаемую сбалансированность. Так, благодаря привлечению всех ресурсов, включая минерально-сырьевые, и оценке их расходов в денежном выражении, удастся установить долевое участие каждой из сторон в доходе от реализации полученной продукции и распределить доход соответственно этому долевному участию.

Опыт эксплуатации месторождений сложного геологического строения свидетельствует, что информация, полученная в результате геолого-разведочных работ, носит элемент неопределенности. В основном из-за природной изменчивости геологических параметров, в меньшей мере она связана с ошибками разведки. Из всех геологических параметров подсчета запасов месторождений наибольшее влияние на экономические показатели освоения месторождений оказывает содержание полезных компонентов в запасах полезного ископаемого. Вместе с тем, изменчивость распределения полезных компонентов является главной причиной ошибок при подсчете запасов.

На основе фактических данных разведки и эксплуатации слюдяных месторождений Карело-Кольского региона установлены величина и частота ошибок определения геологического содержания для запасов категорий разведанности C_1 и C_2 (всего по 610 источникам), а также для детальной разведки по 127 очистным блокам [12-14]. Выявлена низкая достоверность определения геологического содержания и ее существенное влияние на показатели работы рудников. В целях компенсации возможного риска при эксплуатации месторождений сложного геологического строения разработаны методы определения производственной мощности рудников, ее резерва, а также определения ожидаемых экономических результатов от применяемой технологии и распределения ожидаемого (планируемого) дохода в зависимости от достоверности геологического содержания.

В целях решения аналогичных инженерных задач при разработке проектов освоения новых месторождений разработаны методы определения ожидаемой стоимости запасов полезных компонентов, экономической оценки проектов с учетом особенностей реализации проектных решений и возможностей достижения намеченных показателей в условиях инфляции, а также распределения ожидаемого дохода в начальный период эксплуатационных работ [15-16].

Комплекс разработанных методов по экономической оценке проектов и распределению ожидаемого дохода при освоения новых месторождений, экономическому обоснованию геотехнологии и распределению дохода при эксплуатации месторождений, объединенных одной общей идеей участия стоимости полезных ископаемых в решении этих ключевых задач, обеспечивает сбалансированность

экономических интересов владельца недр – государства и недропользователей – предприятий горнопромышленного комплекса и, как следствие этого, возможность решения проблемы рационального использования минерально-сырьевой базы страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоренко Н.П. Экономические проблемы оптимизации природопользования // Экономические проблемы природопользования. М.: Наука, 1973. С. 8-22. 2. Мельников Н.В., Агошков М.И., Бурчаков А.С., Капустин Н.Г. Проблемы рационального использования минерально-сырьевых ресурсов М.: СФТГП ИФЗ АН СССР. 1969. 3. Горные науки. Освоение и сохранение недр земли / под ред. К.Н. Трубецкого. М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. 478 с. 4. Распоряжение Правительства РФ от 21 апреля 2003 г. № 494-р "Основы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования" // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2003. № 4-5. С. 26-29. 5. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Концепция ресурсосбалансированного освоения минерально-сырьевой базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. М.: 2005. № 2. С. 58-63. 6. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Сбалансированность экономических интересов в недропользовании и подходы к ее соблюдению // Тр. 8-го Междунар. симпозиума "Горное дело в Арктике". Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 234-238. 7. Бусырев В.М. Определение стоимости балансовых запасов полезных ископаемых в месторождении // Горн. журн. 1992. № 12. С. 14-16. 8. Бусырев В.М. Плата за погашенные запасы и разведку месторождений // Изв. вузов. Горн. журн. 1995. № 9. С. 19-21. 9. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Экономические аспекты освоения месторождений (грант РФФИ № 01-05-78003). Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2001. 156 с. 10. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Ресурсосбалансированное недропользование: теория и методы (грант РФФИ № 07-05-07027). Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2007. 110 с. 11. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Определение стоимости запасов месторождений при проектировании рудников // Недропользование – XXI век. 2009. № 5. С. 36-41. 12. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Неопределенность геолого-разведочной информации о запасах месторождений // Недропользование – XXI век. 2007. № 4. С. 12-15. 13. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Погрешность определения содержания полезного компонента при разведке месторождений сложного строения // Недропользование – XXI век. 2007. № 6. С. 59-62. 14. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Достоверность геолого-разведочной информации и производственная мощность горного предприятия // Недропользование – XXI век. 2008. № 3. С. 61-63. 15. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Оценка проектов освоения месторождений и возможностей их реализации // Изв. вузов. Горн. журн. 2008. № 8. С. 28-37. 16. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Распределение дохода ожидаемого при освоении новых месторождений // Недропользование – XXI век. 2009. № 6. С. 38-40.

Сведения об авторах

Мельников Николай Николаевич – д.т.н., академик, директор института, e-mail: root@goi.kolasc.net.ru
Бусырев Владислав Михайлович – д.т.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: stefan@goi.kolasc.net.ru

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ И ПРОГНОЗНЫЕ КРИТЕРИИ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Н.О. Сорохтин¹, Н.Е. Козлов¹, Н.В. Куликов²; В.Н. Глазнев³, И.В. Чикирев⁴

¹ Геологический институт КНЦ РАН;

² ООО «Арктические технологии», г. Москва;

³ ВГУ, г. Воронеж;

⁴ АФ ФГОУ МГТУ г. Апатиты

Аннотация

В пределах Баренцево-Карского региона выделено четыре возрастных интервала нефтегазообразования, которые привели к возникновению ряда крупных, закономерно расположенных в пространстве нефтегазоносных областей с гигантским совокупным потенциалом. Наряду с уже выявленными и частично разведанными крупными и уникальными месторождениями нефти и газа в пределах рассмотренных провинций выделены три потенциально богатые углеводородным сырьем и недостаточно исследованные области, которые при обнаружении в них промышленно значимых скоплений могут существенно прирастить нефтегазовый потенциал всего региона. Это северная оконечность Мурманской области в пределах п-ова Рыбачий и в непосредственной близости от областного центра, территория арх. Земля Франца-Иосифа и Северо-Карский шельф. Сделано предположение, что вопросы обнаружения месторождений УВ в двух первых из перечисленных областей в современных условиях наиболее актуальны. Более детально рассмотрены перспективы нефтегазоносности северо-западной части Кольского п-ова.

Ключевые слова:

нефтегазоносность, Баренцево-Карский шельф, геодинамическая эволюция, нефтегазоносные провинции.

Определение условий, способов и масштабов генерации и созревания углеводородного сырья, выявление возможных областей его локализации в пространстве и времени является крайне важной проблемой, так как позволяет оценить его прогнозные ресурсы и условия извлечения из недр. Важной является задача определения характера геодинамической эволюции региона и увязывания процессов эндогенной и экзогенной активности литосферы с формированием промышленно значимых концентраций не только органического вещества, но и полезных ископаемых в целом. Карско-Баренцевоморский нефтегазоносный бассейн достаточно хорошо изучен геолого-геофизическими методами, однако закономерности пространственно-временного распределения УВ в его пределах и историко-генетические аспекты развития региона остаются на сегодняшний день недостаточно исследованными. В настоящей работе предпринята попытка восполнить этот пробел.

Наиболее ранний этап генерации углеводородов в западной части Арктического шельфа России, по нашему мнению, связан с накоплением органики в толщах осадков пассивной окраины континента в среднем рифее-венде (1350-620 млн лет) (рис. 1). Этот достаточно долгий период времени – 730 млн лет – неизбежно должен был привести к накоплению в основании континента больших, многокилометровых и обогащенных органикой толщ осадков, которые в процессе эволюции перемещались совместно с континентом из приэкваториальных областей в приполярные. По данным В.Е. Хайна [1] и О.Г. Сорохтина [2], описываемый регион на рубеже 1.0 млрд лет назад был в составе суперконтинента Мезогея (Родиния) и находился на 10-30° северной широты, а позже переместился еще севернее, в зону распространения покровного оледенения. Об этом свидетельствуют находки тиллитов и тиллоидов в континентальных терригенных осадках венда (650-570 млн лет) в северо-западной оконечности Балтийского щита [3]. Под действием литостатического давления в них могли концентрироваться крупные залежи нефти и газа, подобные тем месторождениям, которые в мезо-кайнозой были сформированы на континентальных склонах Южной Америки и Африки, обрамляющих Атлантический океан.

Позже, когда континент переместился в Арктическую зону, стало возможным формирование углеводородов абиогенного типа, относимого к газогидратам и характерного для холодных высокоширотных бассейнов. Однако возможность их генерации ограничена шириной океанического бассейна, который не может превышать 500 км от оси срединно-океанического хребта до склона

континента [4]. К сожалению, эти параметры, по всей вероятности, останутся величиной неизвестной, поэтому вопрос о возможном накоплении газогидратов данного возраста дискуссионен. Фрагменты описываемого комплекса, представленного самыми верхними частями разреза, сегодня наблюдаются в зоне сочленения архейского фундамента Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Баренцевоморско-Печорской плиты (БПП). Отсутствие конвергентной границы субдукционного типа и большая (больше 20 км) глубина погребения потенциально нефтегазоносных комплексов рифея в этой зоне на первый взгляд сводят на нет их экономический потенциал. Однако, как будет показано далее, наложенные процессы каледонского и герцинского этапов тектогенеза могли и, возможно, привели к мобилизации углеводородов данного возраста, их трансформации и вторичной миграции в верхние структурные этажи.

Наиболее мощные этапы приращения нефтегазового потенциала региона связаны с процессами каледонской и герцинской фаз тектогенеза, которые, с одной стороны, привели к формированию крупных и уникальных месторождений в пределах Свальбардской, Печорской, Северо- и Южно-Карской плит, а с другой – вскрыли захороненные нефтегазоносные комплексы предыдущего (рифей-вендского) периода.

Известно, что наиболее богатые залежи углеводородов формируются при надвигании островных дуг или активных окраин континентов на пассивные при закрытии разделяющего их океана. При этом образование первично-миграционных залежей происходит как за счет мобилизации рассеянного в осадках органического вещества, так и в результате поступления углеводородов из зоны субдукции [2].

Именно такой сценарий мог развиваться при закрытии океана Япетус, что привело к миграции нефти и газа из зоны высоких давлений, к которым относится Каледонская складчатая система, в область тектонической разгрузки. Вектор миграции при этом, как правило, перпендикулярен оси складчатости, а расстояние может достигать 500-600 км (рис. 1). Разнонаправленность путей миграции, отраженная на рис. 1, свидетельствует о двустадийном закрытии океана, в результате которой сначала Гренландская плита субдуцировала под Свальбардскую, а затем она же стала погружаться под архейские и раннепротерозойские комплексы Балтийского щита. В это же время произошла активизация и интенсивное развитие Норвежско-Мезенской системы рифтов, что могло уже на данном этапе привести к формированию крупных скоплений газогидратов в ее пределах. Клинообразное развитие рифта (грабен Варангер) в угловом перегибе Каледонид, его активная гидротермальная деятельность и развитый на плечах магматизм свидетельствуют о том, что в нижних частях разреза могли формироваться газогидраты, подобные выявленным на современном континентальном склоне Баренцевоморского шельфа [4]. Кроме того, Варангер-Канинская ветвь рифтов вскрывает толщи захороненной ранее пассивной окраины континента и под действием их интенсивного прогрева позволяет мигрировать углеводородам вверх и в стороны по системе осевых и трансформных разломов.

Именно с этим процессом следует, вероятно, связывать повышенный нефтегазовый потенциал полуостровов Варангер, Рыбачий и о. Кильдин, так как там выявлены сбросо-сдвиговые структуры данного типа. Следует отметить, что горизонтальные амплитуды смещения по ним достигают 100-150 м (иногда 1 км), а вертикальная составляющая около 60 м. Потенциальными ловушками могут служить и соляные диапиры, в избытке развитые в непосредственной близости от побережья Кольского полуострова и маркирующие ось рифта [5, 6]. Правильность нашего предположения подтверждается недавним открытием крупного месторождения нефти в 45 км к северу от п-ова Варангер в Норвежских территориальных водах.

Анализ типов углеводородного сырья, временных интервалов их накопления и локализации, а также характера проявления нефтегазогенерирующих событий показывает, что в Северном и Норвежском морях перечисленные параметры резко отличны от прилегающих территорий Восточно-Баренцевоморского, Карского и Печорского бассейнов (рис. 2).

Обращает на себя внимание то, что месторождения газоконденсатов в юго-западном и западном обрамлении ВЕП и Балтийского щита залегают в более древних осадочных комплексах, тогда как нефтяные – в более молодых. В восточных же областях региона наблюдается обратная картина. По-видимому, эти различия связаны с тем, что каледониды Норвегии и, в частности, нефтегазоносный бассейн Северного моря, сформированный в это же время, претерпели повторную мощную тектоно-термальную активизацию герцинского возраста. При этом нефтяные месторождения, связанные с каледонским этапом развития, не были обнаружены на стадии поисков данного вида сырья, что привело к формированию кажущегося обратного тренда типов месторождений УВ, отличного от соседних нефтегазоносных провинций.

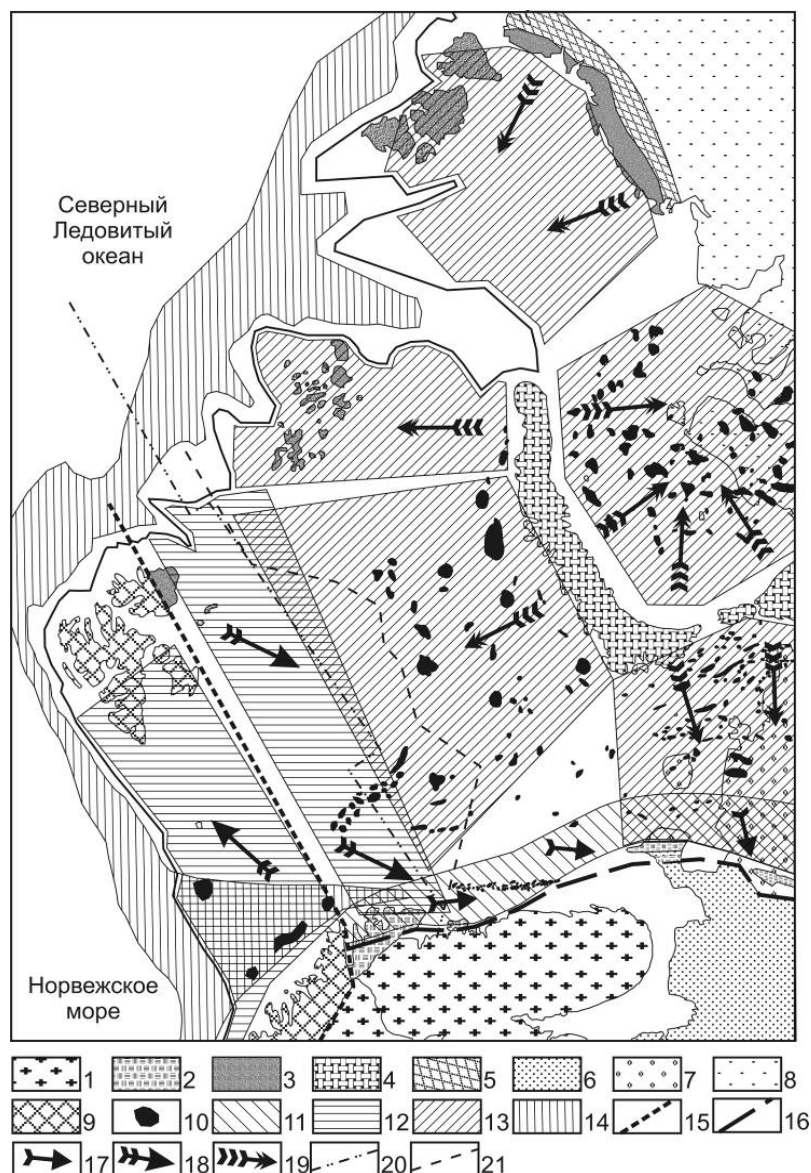


Рис. 1. Схема потенциальной нефтегазоносности Баренцевоморско-Карского шельфа России: 1 – фундамент Балтийского щита архейского возраста; 2 – осадочные комплексы рифея и венда; 3 – фундамент Свальбардской и Северо-Карской плит; 4 – складчатые образования Урала и Новой Земли Урало-Монгольского пояса; 5 – складчатые образования п-ова Таймыр; 6 – чехольные комплексы Восточно-Европейской платформы; 7 – чехольные комплексы Печорской плиты; 8 – чехольные комплексы Западно-Сибирской и Сибирской платформ; 9 – складчатые образования каледонид Северо-Атлантического пояса; 10 – потенциально нефтегазоносные по геолого-геофизическим данным структуры (в том числе и соленые купола) и выявленные месторождения УВ; 11 – зона потенциальной нефтегазоносности рифей-вендского возраста; 12 – потенциально нефтегазоносные площади, связанные с закрытием океана Япетус в раннем ордовике – позднем девоне (505-362 млн лет); 13 – потенциально нефтегазоносные площади, связанные с закрытием Палеоуральского океана в раннепермское – раннетриасовое время (290-241 млн лет); 14 – зона формирования УВ биогенного и газогидратного (абиогенного) типов на пассивной окраине континента в кайнозое (55-60 млн лет); 15 – линия ограничения складчатых образований каледонид Североатлантического пояса на шельфе Баренцева моря; 16 – краевой шов Тимано-Варангерской системы окраинно-континентального типа; 17 – направление миграции углеводородов, сформированных в рифей-вендское время; 18 – направление миграции углеводородов, сформированных в раннем ордовике – позднем девоне; 19 – направление миграции УВ, сформированных в раннепермское – раннетриасовое время; 20 – граница ответственности арктического сектора России; 21 – срединная линия между территориями России и Норвегии

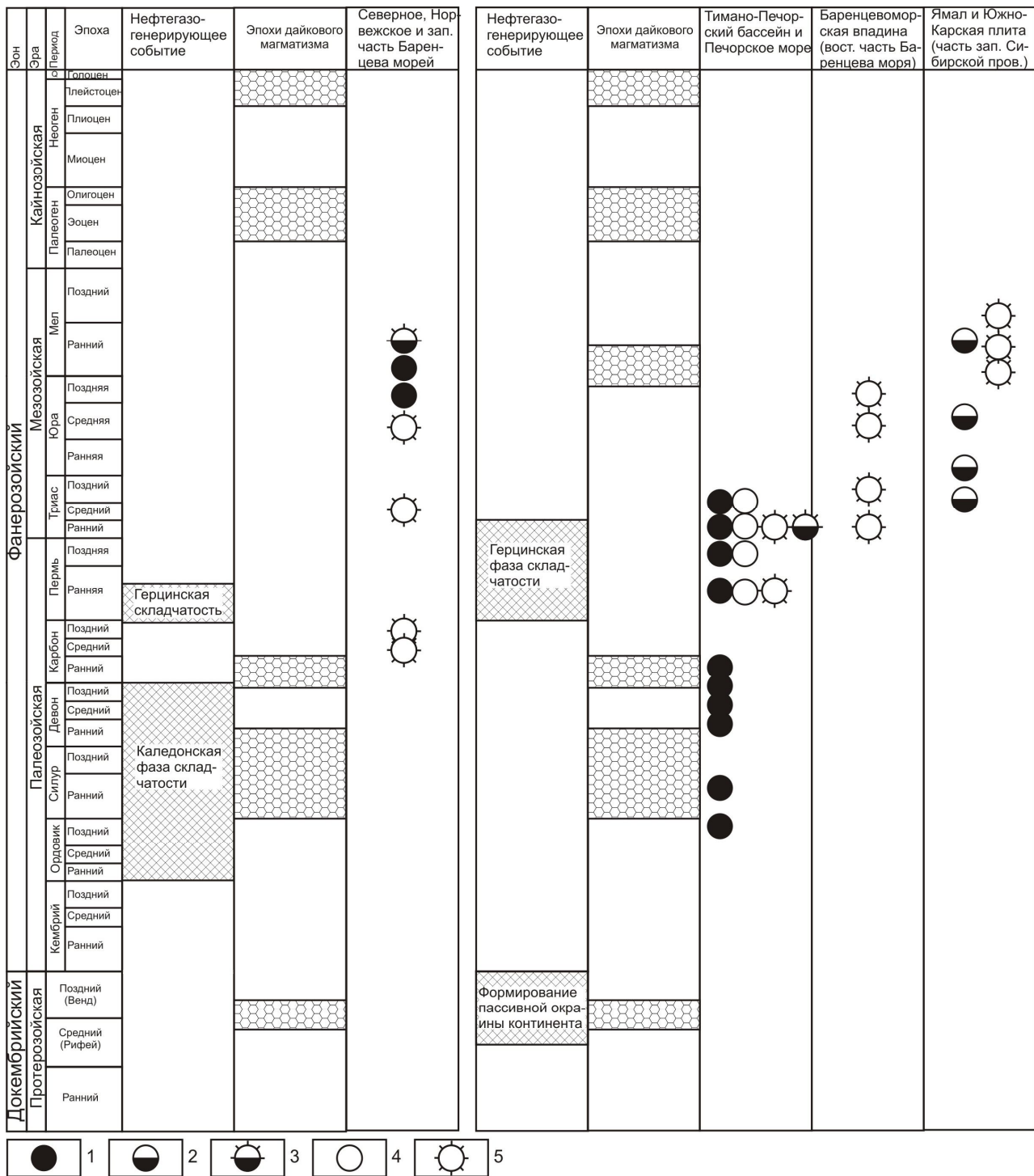


Рис. 2. Нефтегазогенерирующие события и стратиграфические интервалы распределения типов углеводородного сырья в Баренцево-Карском и прилегающих регионах по данным [7, 8] с дополнениями и изменениями. 1-5 месторождения УВ: 1 – нефтяные; 2 – нефтегазовые; 3 – нефтегазоконденсатные; 4 – газовые; 5 – газоконденсатные

Герцинский этап тектоно-термальной активизации Баренцевоморско-Карского региона связан с закрытием Палеоуральского океана и столкновением Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ, что привело к формированию сложноструктурированной орогенной системы Урала, Пай-Хоя, Новой Земли и п-ова Таймыр. Следствием этого было сформирование Тимано-Печорского, Восточно-Баренцевоморского, Северо- и Южно-Карского (Западно-Сибирского) нефтегазоносного бассейнов.

С одной стороны, процессы формирования структурного ансамбля описываемого региона имеют закономерный облик коллизионной зоны сочленения двух литосферных плит, а с другой – отражают

условия их эволюции в доколлизийный период (рис. 3, 4). Наблюдается явное различие в структурной организации чехольных комплексов Свальбардской, Печорской и Южно-Карской плит, которая была окончательно сформирована в результате их неравномерного тектонического коробления. Восточно-Баренцевоморский регион характеризуется закономерным распределением в пространстве достаточно широких и вытянутых параллельно сuture герцинид Урала антиклинальных поднятий (Персея и Центрально-Баренцевское), которые отделены от нее Восточно-Баренцевоморской и Святоаннинской синклиналиными впадинами (рис. 3).



Рис. 3. Схема нефтегазоконтролирующих структур Баренцево-Карского региона: 1 – поднятия и валь: I-IV – поднятия Свальбардской плиты: I – Земли Франца-Иосифа, II – Персея, III – Центрально-Баренцевское, IV – Адмиралтейское; V-IX – мегавалы Южно-Карской плиты: V – Викуловский, VI – Кропоткинский, VII – Русановский, VIII – Воронинский, IX – Обручевский; 2 – прогибы, впадины и синеклизы: X-XIV – Свальбардская и Печорская плиты: X – Святой Анны, XI – Нордкапский, XII – Восточно-Баренцевоморская, XIII – Печорская, XIV – Ижмо-Печорская; 3 – Норвежско-Мезенская система рифтов; 4 – потенциально нефтегазоносные структуры и выявленные месторождения углеводородов; 5 – контур береговой линии

Нордкапский прогиб был в основном сформирован в результате развития каледонид, а его южная часть является типичным предгорным прогибом. При этом не следует забывать, что поднятие Земли Франца-Иосифа, как, впрочем, и Северной Земли и Шпицбергена, было сформировано не столько благодаря данным процессам, сколько в результате изостатического выравнивания края континента при раскрытии в кайнозое Северного Ледовитого океана. Крупное прогибание фундамента Свальбардской плиты и формирование Восточно-Баренцевоморской впадины, с одной стороны, вызвано развитием предгорного прогиба в автохтонной плите, а с другой – отражает ее

неоднородность и присутствие коры океанического типа. Это, по-видимому, и послужило причиной развития столь крупного по своим параметрам прогиба фундамента, так как предгорные впадины обычно имеют достаточно узкую и вытянутую форму (рис. 4).

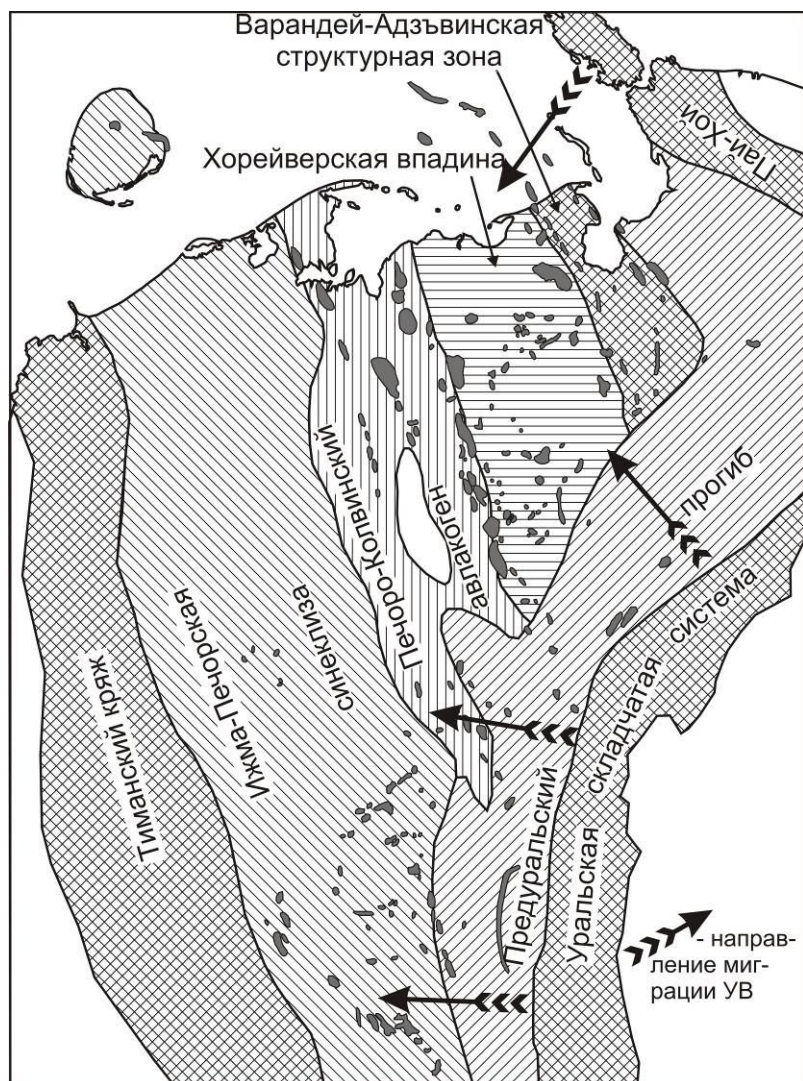


Рис. 4. Тектоническая схема Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [9,10]

Часто при развитии процессов коробления чехла возникают характерные седловидные образования, которые разделяют их на сегменты. В качестве примера такой структуры можно рассматривать Лудловскую седловину, которая разделяет Восточно-Баренцевоморскую впадину на северный и южный сегменты. Другим примером могут служить поперечные поднятия (Воркутское и Среднепечорское), которые разделяют Предуральский краевой прогиб на сегменты (рис. 4). Их происхождение связано, по всей вероятности, с изменением углов простираения коллизионной зоны и, как следствие, развития сдвиговых деформаций и структур коробления. Следует отметить тот факт, что перечисленные структуры осложнены развитием системы рифтов, которые усиливают процессы проседания фундамента.

В Тимано-Печорском регионе наблюдается несколько иная картина структурирования нефтегазоконтролирующих комплексов. Асимметричное закрытие Палеоуральского океана, при котором интенсивные процессы тангенциального сжатия мигрировали во времени с юга на север, а также сложная геометрия коллизионной зоны привели к формированию в ее фундаменте предгорного прогиба, Печоро-Колвинского авлакогена и целого ряда синклиналильных и антиклиналильных структур, которые позже были осложнены рядом узких и вытянутых в северо-западном направлении антиклиналильных валов и надвигов. Эти процессы способствовали миграции нефти и газа из зоны субдукции и их концентрации на границах сформированных структурных комплексов, которые наложились на осадочные образования доколлизиионного этапа (рис. 2, 4). По-видимому, эти события

привели к насыщению взброшенных и подвергшихся интенсивной складчатости ордовик-силур-девонских осадочных комплексов первично-миграционной нефтью в Варандей-Адзъвинской структурной зоне и Хорейверской впадине. Кроме того, перечисленные процессы способствовали высвобождению и миграции в верхние структурные этажи захороненных УВ из окраинно-континентальных образований рифейского этапа развития в Ижма-Печорской синеклизе.

Южно-Карский регион представляет собой автохтон, надвинутый на Баренцевоморскую плиту, и, по сути, является северо-западным продолжением Западно-Сибирской плиты. В результате этого в тылу зоны коллизии была сформирована эшелонированная система вытянутых узких антиклиналей (мегавалов), простирающие которых отражает ее геометрию (рис. 3).

Процессы миграции УВ всегда закономерно отражают векторы изменения полей напряжений, которые совпадают с кратчайшим путем их перемещения из зоны повышенных давлений в области тектонической разгрузки. При этом расстоянии, на которые они способны мигрировать, могут достигать 500-600 км. На рис. 1 и 4 показаны направления миграции нефти, сформированные на рифейском, каледонском и герцинском этапах тектогенеза. Там же отмечены и площади, в пределах которых осадочные образования чехла могут быть в той или иной степени насыщены УВ (рис. 1). При этом скрещивание осей векторов миграции должно приводить к максимальному обогащению осадочных комплексов скоплениями нефти и газа, а их расхождение к появлению секторов обеднения углеводородами. Геолого-структурный анализ исследуемого региона показывает, что нефтегазовый потенциал чехольных комплексов Южно- и Северо-Карской плит должен быть существенно большим, нежели акватория Баренцевоморского шельфа. Столь же богатыми являются северная и северо-восточная части Тимано-Печорской плиты и, особенно, Печоро-Колвинский авлакоген и Хорейверская впадина (рис. 4). В большинстве случаев структурными ограничителями и концентраторами на пути миграции нефти служат узкие линейные антиклинали (мегавалы), вдоль которых шел их сброс и формирование крупных скоплений УВ (рис. 1, 4). В отношении Тимано-Печорской плиты характерным является факт существенного обеднения северной части Ижма-Печорской синеклизы месторождениями нефти и газа. По-видимому, это связано с тем, что пути их миграции были ограничены Печоро-Кожвинским и Шапкина-Юрьяхинским мегавалами, которые расположены на границе означенной синеклизы и Печоро-Колвинским авлакогеном (рис. 4). В южной части Ижма-Печорской синеклизы за счет территориальной сближенности Уральской складчатой системы и Тиманского кряжа в толще осадочного чехла могло произойти совмещение в пространстве углеводородных комплексов рифейского и герцинского этапов.

Процессы концентрации УВ в осадочном чехле литосферных плит предполагают их возрастную корреляцию с генерирующими событиями. В нашем случае таковыми являются процессы окраинно-континентального осадконакопления в рифее и две фазы тектогенеза: каледонская и герцинская (рис. 2). Географическое разделение территорий проявления каледонского и герцинского этапов складчатости в описываемом регионе, по-видимому, привело к формированию независимых нефтегазоносных бассейнов, процессы формирования концентраций УВ в которых протекали по-разному.

Как уже было отмечено, характер состава и возрастных интервалов локализации нефтяных и газоконденсатных месторождений Северного и Норвежского морей отличен от аналогичных комплексов Баренцево-Карского региона и в данной статье не рассматривается. В пределах Тимано-Печорского, Восточно-Баренцевоморского и Ямал-Южно-Карского бассейнов нефтематеринскими для первично и вторично миграционной нефти и газа являются не только одновозрастные события тектогенеза, но и более древние или молодые структурно-вещественные комплексы осадочного чехла (рис. 2).

Обращает на себя внимание тот факт, что развитые в пределах Тимано-Печорского бассейна скопления УВ закономерно распределены во времени и пространстве. Так, в осадочных комплексах ордовика, силура и девона сконцентрированы нефтяные залежи, тогда как в перми-триасе-нефтяные, газовые и газоконденсатные. В пределах Восточно-Баренцевоморской впадины нефтяные месторождения не выявлены, а газоконденсатные сконцентрированы в позднепермских-позднеюрских отложениях. Ямал-Южно-Карский регион характеризуется еще более молодым возрастом локализации нефтегазовых и газоконденсатных месторождений, которые сопряжены со среднетриасовыми-раннемеловыми комплексами (рис. 2). Столь явно выраженный в пространстве и времени тренд изменчивости состава, типов и зон локализации УВ, по-видимому, имеет двоякую природу. С одной стороны, на его возникновение оказывали влияние структурообразующие геодинамические процессы, а с другой – вызванное ими же полистадийное проявление магматизма, как в самой зоне коллизии, так и за ее пределами.

Распределение в пространстве нефтяных, газовых и газоконденсатных залежей Тимано-Печорского бассейна показывает, что последние чаще всего приурочены к Предуральскому прогибу и областям проявления синорогенного магматизма герцинского этапа. Наиболее характерным примером такого рода может служить крупное Вуктыльское месторождение. Вероятнее всего, природа возникновения большинства газоконденсатных скоплений этого региона тесно связана с синколлизионным магматизмом и может быть отнесена ко вторичным образованиям. В результате внедрения крупных магматических тел в богатые УВ нефтематеринские комплексы происходил повторный термолиз и возгонка нефтегазовых скоплений, приведшая к их разделению на преимущественно газоконденсатную и битумную составляющие. Следует отметить, что скопления природных битумов многочисленны и практически повсеместно проявлены в пределах основных структур Тимано-Печорского бассейна. На это указывают и данные по геотектоническому анализу условий локализации УВ. Так, основная часть нефтяных залежей в ордовик-раннедевонских комплексах в основном тяготеет к областям активных и умеренных прогибаний фундамента, а в позднедевонский-раннекаменноугольный период – к поднятиям. В нефтегазовых и газоконденсатных комплексах наблюдается обратная картина [11]. Из этого может следовать, что в доколлизийный период происходила нормальная дифференциация УВ, которые разделялись по плотности, удельному весу и миграционным свойствам, тогда как в процессе развития коллизии этот тренд поменялся на обратный. Такого рода смена трендов миграции УВ на рубеже девона и карбона может указывать на начало проявления процессов тектогенеза герцинского этапа развития, которые привели к нарушению нормальной последовательности дифференциации, переработке части первично-миграционных УВ и формированию вторичных газоконденсатных залежей, а также к усложнению нефтегазоконтролирующей структурной организации (складчатости) осадочных комплексов Тимано-Печорского бассейна.

В результате этих событий сложилась закономерная картина распределения во времени УВ (рис. 2), при которой наиболее древними являются нефтяные и нефтегазовые залежи, а более молодыми – газовые и газоконденсатные. При этом месторождения нефти в ордовик-нижнедевонских отложениях Хорейверской впадины и Варандей-Адзвинской складчатой зоны отражают максимальную степень проявления складчатости и метаморфизма. Возможно, именно поэтому развитые здесь нефти характеризуются максимальной дегазированной и повышенной плотностью [9]. Среднедевонско-нижнекаменноугольные отложения Ижма-Печорской синеклизы, по нашему мнению, обогащены двумя различными по возрасту формирования УВ-комплексами. Ведь именно в этой области и, особенно в ее юго-западной части, произошло смешение рифейских и герцинских, преимущественно, нефтяных залежей, которые мигрировали в девон-карбоновые отложения в результате проявления более поздних процессов. Наиболее ярким примером нефтегазоносности рифейского этапа развития является Ярегское месторождение, которое сегодня залегают в комплексах девонского возраста.

Раннепермский-позднетриасовый период в исследуемом регионе характеризуется наибольшим разнообразием типов УВ, что, несомненно, отражает характер и степень проявления наложенных тектоно-термальных процессов в Тимано-Печорском бассейне. Показательно то, что миграция УВ во времени здесь продолжалась и в более поздние эпохи, что привело к образованию нефтематеринских пород вплоть до позднетриасового времени, т.е., по крайней мере, еще около 20 млн лет после отмирания основной фазы тектоно-магматической активности орогена (рис. 2). Это является признаком инертности процессов, ставших причиной формирования месторождений данного типа, а также подвижностью самих УВ в условиях существования определенных параметров полей напряжения. Следует отметить, что в соседних областях нефтеконтролирующие структурно-вещественные комплексы имеют еще более молодой возраст и в Восточно-Баренцево-морском бассейне ограничены верхнеюрскими образованиями, а в Южно-Карской и северной части Западно-Сибирской провинции – верхнепермскими комплексами (рис. 2). Столь значимое смещение во времени и локализация в пространстве процессов нефтегазообразования, с одной стороны, указывает на возможную принадлежность этих регионов к разным нефтегазовым бассейнам (областям, провинциям), а с другой – на долговременность проявления постколлизийных тектоно-термальных событий и постепенной релаксации напряженного состояния сформированной геодинамической системы.

Наряду с влиянием структурообразующих коллизийных событий и вызванных ими же полистадийных проявлений магматизма, на процессы формирования месторождений тех или иных видов УВ, по мнению авторов настоящей статьи, существенное влияние имеет степенная функция возникающих в литосферной плите полей напряжений. Другими словами, если изучаемый регион характеризуется наличием более высоких параметров полей напряжения, нежели в соседних с ним областях, то в нем процессы миграции будут протекать дольше. При этом максимальная степень проявления такого рода процессов могла приводить к дегазации месторождений нефти, что и наблюдается в Тимано-Печорском бассейне, фундамент которого оказался зажатым между Русской и Западно-Сибирской литосферными

плитами. В целом, изучение вопросов пространственного распределения полей напряжений очень важно для обоснования нефтегазового потенциала территорий, однако в настоящее время исследования в данном направлении практически не ведутся, что не позволяет нам оперировать физическими параметрами состояния среды, а дает возможность ограничиваться лишь предположениями и знанием общих закономерностей физики проявления процессов миграции УВ.

Рассмотрение условий формирования осадочно-вулканогенных комплексов чехла Баренцевоморско-Карского региона с данной точки зрения позволяет нам с высокой степенью достоверности предположить, что поле напряжения восточной части Баренцевоморской (Свальбардской) плиты характеризовалось в постгерцинское время меньшими значениями, нежели в Северо- и Южно-Карском регионах. Связано это прежде всего с геометрическими особенностями очертаний коллизионного шва, маркирующего зону столкновения литосферных плит. На рис. 1 и 3 видно, что в тыловой части Новоземельского и Таймырского сегментов коллизионной зоны наблюдается скрещивание векторов максимального проявления структурообразующих процессов, а в Восточно-Баренцевоморском регионе, наоборот, их расхождение. Таким образом, исходя из означенных выше закономерностей, в Северо-Карском, Южно-Карском регионах и на п-ове Ямал нефтегазовый потенциал месторождений будет существенно выше, нежели в Восточно-Баренцевоморском бассейне, а возраст самих месторождений меньше (рис. 2).

Здесь следует оговориться, что степень коллизионного воздействия на чехольные комплексы в Южно-Карском регионе и на п-ове Ямал, по-видимому, не привела к масштабной дегазации первично миграционных нефтей, и они представлены нефтегазовыми образованиями, в отличие от аналогичных месторождений Тимано-Печорского бассейна. В этой же связи следует рассматривать и эпохи проявления син- и постколлизионного магматизма, с которыми часто сопряжены вторично-миграционные скопления газоконденсатов [7] (рис. 2).

Крайне неоднородная степень изученности потенциально нефтегазоносных территорий приводит нас к тому, что, выражаясь математическим языком, приходится решать систему уравнений со многими неизвестными. Так, например, оценивая перспективы нефтегазоносности Восточно-Баренцевоморского бассейна, мы вынуждены оперировать немногочисленными геолого-геофизическими данными, которые, несмотря на это, позволили выявить целый ряд очень крупных и уникальных по запасам месторождений газового и газоконденсатного типов в верхних (триас-меловых) структурных этажах осадочного чехла. К таковым можно отнести Штокмановское и Ледовое месторождения газоконденсатов, а также Лудловское газовое месторождение. При этом наиболее глубокая скважина в рассматриваемом регионе пробурена до отметки 4524 м [12], тогда как подавляющая их часть имеет существенно меньшие значения.

Как было показано выше, обнаруженные в пределах Восточно-Баренцевоморской впадины месторождения относятся, вероятнее всего, к вторично-миграционным образованиям, которые были сформированы в результате внедрения даек и силлов основного состава в насыщенные первично-миграционными скоплениями нефти слои осадков в син- и постколлизионный этап развития региона. Это неизбежно должно было привести к процессам их термического разделения на битумную, газовую и газоконденсатную составляющие и внедрению последних в верхние, более молодые структурные этажи. По нашему мнению, наиболее вероятными нефтематеринскими комплексами для первично-миграционных УВ являются верхнедевонско-нижнепермские отложения. По данным Б.А. Клубова и Е.А. Кораго [13], который проводил оценку перспектив этого возрастного интервала вдоль западного побережья Новой Земли, в нем обнаруживаются многочисленные проявления высоковязкой нефти и твердых битумов. Об этом же свидетельствуют и данные Ю.Ф. Федоровского [14] по разрезам нижнесреднедевонских, верхнефранкофоменских, турнейских и визейских отложений на островах архипелагов Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и Шпицберген.

В пределах Адмиралтейского поднятия нефтематеринскими считаются нижне-среднепалеозойские комплексы. Очень интересными в этой связи являются данные по жидким и твердым битумам Земли Франца-Иосифа, которые повсеместно ассоциируют с дайковым комплексом долеритов и долерито-базальтов, прорывающих отложения триаса и юры [15, 16]. Наличие битумопроявлений такого рода свидетельствует о нефтеносности залегающих ниже слоев, тем более что в них имеются признаки вторично-миграционных процессов. Однако при бурении трех глубоких опорно-параметрических скважин в разных местах архипелага не были обнаружены уровни потенциально нефтеносных комплексов, а содержание в них битумов и нефти оказалось незначительным [17].

С одной стороны, столь противоречивые данные были получены в результате закономерного проявления геодинамических событий, которые привели к практически полной дегазации триас-

юрских осадочных комплексов и деградации их нефтегазового потенциала в окраинно-континентальных областях. С другой стороны, пробуренные параметрические скважины не достигли уровней залегания девон-нижнепермских потенциально нефтеносных осадков. Процесс деградации УВ-потенциала прежде всего связан с раскрытием Северного Ледовитого океана в кайнозой, что привело к изостатическому поднятию и выведению на дневную поверхность краевых частей континентального шельфа. Эрозия поверхности привела к разрушению флюидоупоров нефтегазоносных триас-юрских осадочных комплексов и их дегазации.

Таким образом, имеющиеся многочисленные косвенные данные свидетельствуют о повсеместной нефтеносности девон-нижнепермского возрастного интервала осадочных комплексов Восточно-Баренцевоморской впадины, а их потенциал может оказаться поистине гигантским. Если это заключение справедливо, то в приведенной на рис. 2 схеме возрастного распределения типов месторождений УВ в пределах Восточно-Баренцевоморской впадины появится недостающее звено, представленное проявлениями преимущественно нефтяного состава, что подтвердит схожесть выявленного в соседних с данным регионом областях тренда.

Развитие процессов раскола литосферных плит некогда единого суперконтинента Пангея и раскрытие северного сегмента Атлантического и Северного Ледовитого океанов в кайнозой (около 55 млн лет назад) привели к образованию еще одного типа УВ в описываемом регионе, который представлен специфическими и малоизученными на сегодняшний день соединениями газа и воды. Эпоха формирования газогидратов в пределах названных бассейнов продолжается и на современном этапе и, по данным А.Н. Дмитриевского с соавторами [4], охватывает практически всю их акваторию. При этом наиболее перспективными в плане формирования экономически значимых объемов газогидратов являются участки сочленения Арктического шельфа с материковым склоном. Крупное скопление газогидратов такого типа обнаружено в последние годы к юго-западу от арх. Шпицберген, в районе о. Медвежий [4]. Кроме этого, по современным данным, устойчивые соединения газа с водой способны формироваться и в толще осадочного чехла внутренних областей шельфовых морей. Примером этого может служить находка газогидратов в пробуренной скважине на Адмиралтейском поднятии к западу от о. Новая Земля [18]. Следовательно, перспективными на обнаружение крупных скоплений газогидратов могут быть активные тектонические зоны сочленения не только континента и океана, но и внутренних областей последних при определенных условиях. К таким областям может быть отнесена северо-западная часть Норвежско-Мезенской системы рифтов, а также зона сочленения участков субокеанической и континентальной коры в пределах Баренцевоморской плиты. Все эти зоны отличаются повышенными тепловыми потоками, которые указывают на возможность конвекции воды в толще осадков [19]. Представляется важным и то, что эволюция нефтегазоносных бассейнов в пределах прибрежных зон и шельфовых морей северной части России в позднемезозойскую и кайнозойскую эры протекала, как и сегодня, в высокоширотных и арктических условиях, относимых к криозоне. В целом вопросы образования, насыщения и миграции нефти и газа в осадочных комплексах материковых водонасыщенных низменностей, а также континентального шельфа и материкового склона в подобных климатических условиях изучены недостаточно. Однако можно предположить, что переохлаждение приповерхностных слоев осадочного чехла, с одной стороны, оказывает экранирующее воздействие и служит флюидоупором для скоплений органических УВ, а с другой – препятствует их дегазации и приводит к возникновению устойчивых соединений воды и абиогенного газа.

Современные данные [20] показывают, что в определенных условиях формирование скоплений УВ абиогенного типа в пределах континентального склона Арктического бассейна часто сопровождается процессами миграции органических УВ из толщи нефтегазоносных комплексов осадочного чехла континентального шельфа. Так, в желобе Франц-Виктория к северо-западу от арх. Земля Франца-Иосифа, который является сформированным в позднепермское-раннетриасовое время рифтом, в опущенных блоках наблюдаются процессы накопления первично-миграционных битумов в нижних частях донных осадков. Исследования проб показали содержание в них метана, пропана и других газов, а также битумов в виде асфальтенов и мальт, что, по-видимому, связано с процессами перемещения УВ из области повышенных давлений (толща осадочного чехла шельфа) в область тектонической тени (континентальный склон). Эти процессы, вероятнее всего, увеличивают нефтегазовый потенциал описываемой зоны и могут приводить к формированию промышленно значимых скоплений.

В результате проведенных авторами исследований выявлен ряд особенностей геологического строения и геодинамической эволюции различных областей европейской части Арктического шельфа

России и сопредельных стран. Вслед за А.Н. Дмитриевским и М.Д. Белониным [21] описываемая территория была разделена на ряд закономерно расположенных в пространстве нефтегазоносных бассейнов и провинций (рис. 5). При этом пространственно-временные закономерности размещения типов УВ, а также геолого-геодинамический анализ корообразующих и преобразующих процессов показали, что бассейны Северного, Норвежского и Западно-Баренцевого морей, которые объединяются в Западно-Норвежский и Норвежско-Баренцевский нефтегазовые бассейны, резко отличны от Баренцево-Северо-Карской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской провинций и, вероятнее всего, могут быть разделены на два крупных генетических типа (рис. 5). К первому типу можно отнести те, которые в процессе эволюции нефтегазоносных бассейнов претерпели один (каледонский) или два (каледонский и герцинский) этапа тектоно-магматической активизации, а ко второму – только один – герцинский. Кроме того, в пределах южной части Баренцево-Северо-Карской и Тимано-Печорской провинций, на границе с архейскими комплексами Балтийского щита выделяется зона потенциального нефтегазонакопления рифейского возраста, что подчеркивает их уникальность и возможность существенного приращения УВ потенциала региона.

Важным представляется то, что северная граница выделяемых нефтегазовых бассейнов и провинций, сопряженных с зоной сочленения континентального склона с океанической литосферой Атлантического и Северного Ледовитого океанов может быть проведена по материковому подножию, что, возможно, существенно изменит в будущем их совокупный нефтегазовый потенциал. Здесь же следует отметить, что наименее изученным ввиду сложных климатических условий является Северо-Карский бассейн, который, по-видимому, следует считать естественным продолжением Свальбардской плиты и отделенным от Южно-Карского фрагмента Западно-Сибирской нефтегазовой провинции трансформным разломом.

Наряду с уже выявленными и частично разведанными крупными и уникальными месторождениями нефти и газа в пределах Баренцево-Северо-Карской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской провинций, можно выделить, по крайней мере, три потенциально богатые углеводородным сырьем и недостаточно исследованные области, которые при обнаружении в них промышленно значимых скоплений могут существенно прирастить нефтегазовый потенциал всего региона.

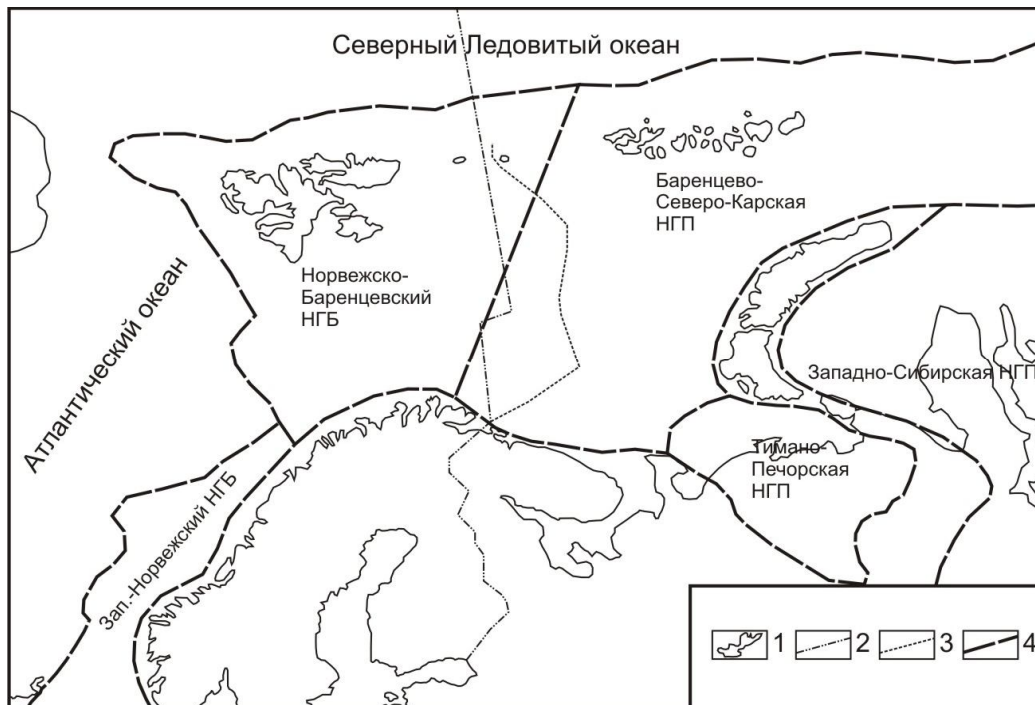


Рис. 5. Нефтегазоносные бассейны и провинции запада Российской Арктики по А.Н. Дмитриевскому и М.Д. Белонину [21] с изменениями: 1 – контур береговой линии; 2 – государственная граница и граница ответственности арктического сектора России; 3 – срединная линия между территориями России и Норвегии; 4 – границы нефтегазоносных бассейнов, областей и провинций

Первая из них находится на северной оконечности Мурманской области в пределах п-ова Рыбачий и в непосредственной близости от областного центра. Она приурочена к осадочным образованиям рифейского возраста, относящимся к пассивной окраине континента того времени. Близость к инфраструктуре крупного промышленного центра Мурманской области может существенно снизить затраты на проведение детальных поисков и бурения скважин в пределах этого участка.

Второй перспективной площадью может являться территория арх. Земля Франца-Иосифа, которая характеризуется глубоким (5-6 км) залеганием богатых нефтематеринских слоев осадочного чехла Баренцево-морского шельфа позднедевон-раннепермского возраста. Несмотря на удаленность от континентального побережья, их вскрытие не сопряжено с глубоководным бурением, осуществляемым со специализированных платформ, что также может быть целесообразным в сложившихся экономических условиях.

Третьей перспективной в плане обнаружения крупных и, возможно, уникальных месторождений нефти и газа областей является Северо-Карский шельф. Проведенный геодинамический анализ показал, что данная территория может по запасам оказаться сопоставимой с Южно-Карским и Ямальским сегментом Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Однако этот регион существенно удален от промышленно развитых центров Севера России и характеризуется очень сложными ледовыми условиями. По-видимому, время его освоения отодвинется на достаточно длительный срок до тех пор, пока не будут внедрены технологии подводного бурения и эксплуатации месторождений нефти и газа непосредственно на морском дне. Наряду с вопросами экономической целесообразности поиска и добычи углеводородного сырья, в пределах европейской части Арктического шельфа России присутствует и политический аспект, возникающий в результате посягательств ряда государств на потенциально богатые юридически спорные пограничные территории. В связи с этим вопросы обнаружения месторождений УВ в западной и северной частях Российской Арктики, к которым относятся территории Кольского региона, архипелага Земля Франца-Иосифа и их прибрежных зон, становятся наиболее актуальными в сложившихся условиях.

Поскольку в пределах первой из перечисленных выше областей авторы настоящей работы проводили более детальные исследования, целесообразно остановиться на аргументации ее потенциальной нефтегазоносности более подробно. В пределах исследуемого региона по совокупности вещественных признаков, интенсивности деформаций и степени постседиментационных преобразований пород выделяется две структурно-формационные зоны: кильдинская и рыбачинская.

Кильдинская структурно-формационная зона включает территорию п-ва Средний и м. Мотка (п-ов Рыбачий). Здесь распространены отложения кильдинской и волоковой серий, которые формировались в условиях перикратонного опускания северо-восточного края Восточно-Европейской платформы в позднепротерозойское время (рис. 6).

Кильдинская серия имеет достаточно надежно доказанный позднерифейский возраст. Цифры 1059-762 млн лет получены калий-аргоновым методом по глаукониту из песчаников, залегающих в нижней части серии [22]. Кроме того, по комплексу микрофоссилий Н.С. Михайлова определяет также позднерифейский возраст для отложений кильдинской серии [23]. По комплексу микрофоссилий, акритарх и цианобактерий, собранных из пород кильдинской серии, И. Самюэльсон [24] определяет возраст кильдинской серии как позднерифейский.

Менее определен возраст волоковой серии. Исходя из того, что она залегает непосредственно выше кильдинской серии, и по аналогии с опорными разрезами верхнего докембрия смежных районов Б.М. Келлер с Б.С. Соколовым [25] и Ю.Р. Беккер [26] предполагают ее вендский возраст. Правомерность такого предположения подтверждается размывом и крупным несогласием на границе волоковой и кильдинской серий.

В.В. Любцов и др. [23] показали, что для волоковой серии, так же как и для кильдинской, характерен комплекс микрофоссилий позднерифейского возраста.

Радиометрические данные свидетельствуют о возможном вендском возрасте пород волоковой серии. И.М. Горохов с соавторами [27] по рубидий-стронцевым соотношениям определяют возраст 620 млн лет для пелитов из верхней части разреза серии, которая отвечает времени их раннего диагенеза пород. Таким образом, возраст волоковой серии следует принять как позднерифейско-вендский.

Степень преобразования отложений кильдинской и волоковой серий соответствует стадии глубинного катагенеза, о чем свидетельствуют развитие регенерационного кварцевого цемента, а также инкорпорационных и микростилолитовых структур.

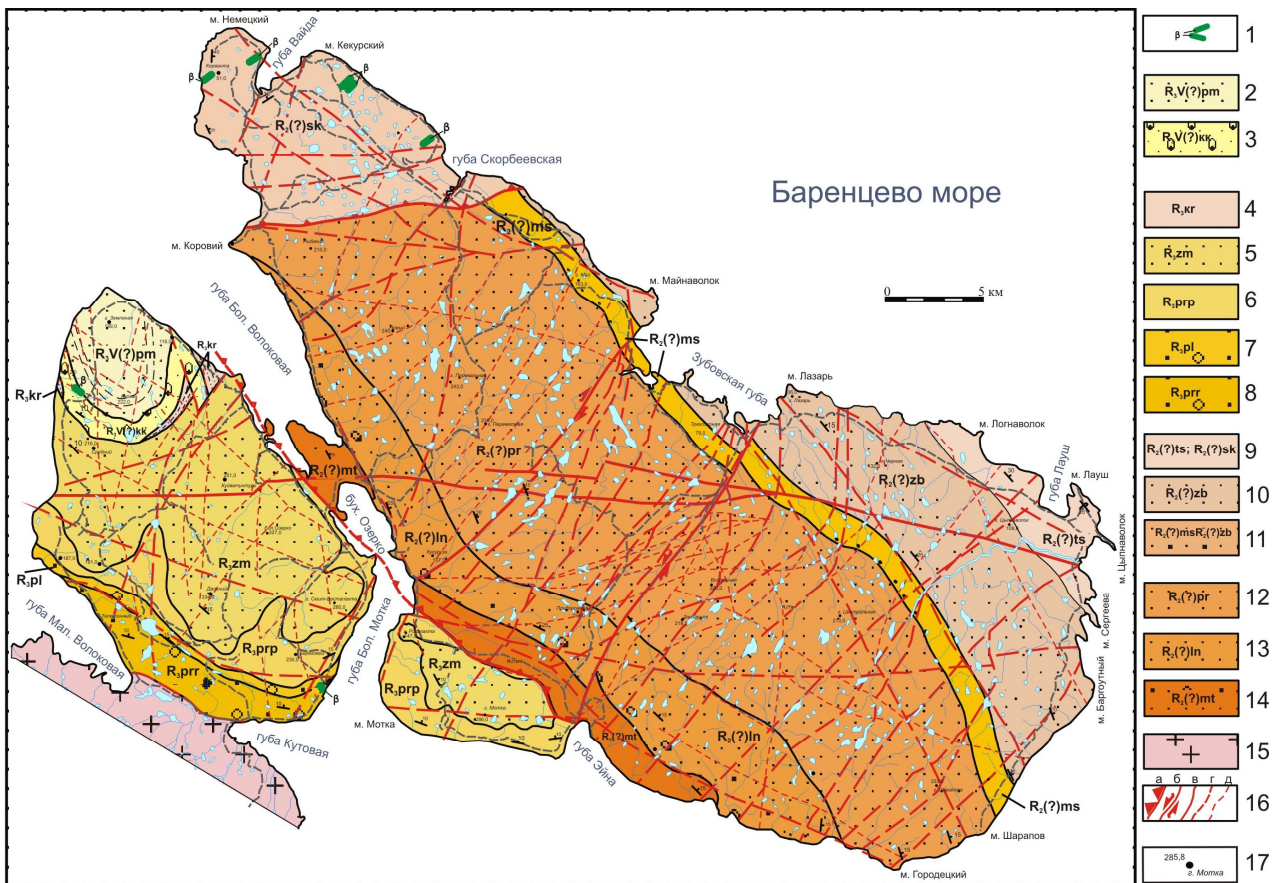


Рис. 6. Геологическая карта полуостровов Средний и Рыбачий.

1 – дайки долеритов; 2-8 – **верхний рифей (венд?)**: 2, 3 – **волоковая серия**: 2 – пуманская свита (переслаивание желтовато-серых аркозовых псаммитов, алевролитов и темноцветных пелитов); 3 – кужанская свита (желтовато-серые полимиктовые конглобрекчи с обломками фосфоритов, аркозовые гравелиты и псаммиты с маломощными прослоями темноцветных алевролитов и пелитов); 4-8 – **кильдинская серия**: 4 – каруярвинская свита (переслаивание пестроцветноокрашенных аркозовых и олигомиктовых псаммитов, алевролитов и доломитов); 5 – землепахтинская свита (желтовато-серые аркозовые псаммиты с маломощными прослоями алевролитов и пелитов с линзами фосфоритсодержащих пород); 6 – поропелонская свита (переслаивание серо-зеленых аркозовых псаммитов и темноцветных алевролитов); 7 – палвинская свита (переслаивание разноцветных кварцевых, олигомиктовых и аркозовых псаммитов, алевролитов, пелитов и доломитов); 8 – пярярвинская свита (переслаивание серо-зеленых и кварцевых, олигомиктовых и аркозовых псаммитов, темноцветных алевролитов и пелитов); 9-14 – **средний рифей**: 9-11 – **баргоутная серия**: 9 – цыпнаволокская (R2ts) и скорбеевская (R2sk) свиты (переслаивание аргиллитов и алевролитов с линзами карбонатных пород); 10 – зубовская свита (переслаивание сероцветных полимиктовых псаммитов, алевролитов, пелитов); 11 – майская свита (переслаивание сероцветных кварцевых и полимиктовых конгломератов с полимиктовыми псаммитами); 12-14 – **эйновская серия**: 12 – перевальная свита (толща сероцветных полимиктовых псаммитов и гравелитов с редкими прослоями полимиктовых конгломератов, алевролитов и пелитов); 13 – лонская свита (переслаивание сероцветных полимиктовых конгломератов, гравелитов, псаммитов с редкими прослоями алевролитов и пелитов); 14 – мотовская свита (сероцветные полимиктовые конглобрекчи и гравелиты с прослоями полимиктовых псаммитов с редкими прослоями и линзами алевролитов и пелитов); 15 – нерасчлененный комплекс тоналит-гранодиоритов неoarхея; 16 – тектонические нарушения: а-в – разрывные нарушения первого ранга: а – надвиги и в – сбросо-сдвиги, б – сдвиги, в – разломы с неясной кинематикой, г – разрывные нарушения второго ранга; д – разломы третьего ранга; 17 – высотные отметки и их названия

Отложения кильдинской и волоковой серий простираются в близширотном направлении и залегают субгоризонтально. Углы наклона пород не превышают 10-15°. Наблюдается несколько

разломов близмеридионального простирания, имеющих характер левых сдвигов с амплитудой перемещения, не превышающей первые сотни метров.

Магматические проявления в пределах Кильдинской структурно-формационной зоны в целом не характерны. Лишь отдельные дайки долеритов, прорывающие породы кильдинской и волоковой серий, были описаны А.А. Полкановым [28], Ю.Р. Беккером и др. [22], В.В. Любцовым и др. [23]. Формирование субвулканических тел основного состава (как и на п-ове Рыбачьем) следует связывать с байкальским орогенезом, что подтверждается их вендским (584 млн лет) возрастом, определенным К-Аг методом [26].

Стратиграфическое положение осадочных пород рыбачинской структурно-формационной зоны, включающей территорию п-ова Рыбачий, является дискуссионным. Они (породы) так же, как и отложения волоковой серии верхнего рифея-венда (?), контактируют непосредственно с породами кильдинской серии верхнего рифея, причем зона контакта прослеживается на м. Мотка п-ова Рыбачий на протяжении нескольких километров (рис. 6). Одни исследователи считают её тектонической и рассматривают как зону надвига, который является юго-восточным продолжением надвиговой зоны Тролльфиорд-Комагельва п-ова Варангер в Норвегии. Другие усматривают в ней стратиграфическое взаимоотношение кильдинской серии с отложениями п-ова Рыбачий и считают, что происходит наращивание разреза отложений кильдинской серии породами рыбачинской ассоциации.

В зависимости от принятия той или иной точки зрения, возраст комплекса п-ова Рыбачий определяется либо как среднерифейско-позднерифейский (?) [3, 26, 29, 30], либо как позднерифейско-вендский [31, 32, 33].

Следует отметить, что в настоящее время большинство исследователей, исходя из надвигового характера границы, предполагают среднерифейско-позднерифейский (?) возраст осадочных пород рыбачинской структурно-формационной зоны. Данное предположение подтверждается и тем, что сланцы скарбеевской и цыпнаволоковской свит, венчающих разрез п-ова Рыбачий, по литолого-геохимическим данным хорошо коррелируются с породами формации Конгсфиорд [34], залегающими в основании всего спарагмитового комплекса Северной Норвегии. Среднерифейский возраст для последних считается наиболее вероятным [35].

Степень преобразования осадочных пород п-ова Рыбачий соответствует стадии метазенеза – начального метаморфизма, о чем свидетельствует локальное развитие метаморфических минералов: серицита, хлорита и эпидота.

Отложения п-ова Рыбачий простираются в северо-западном направлении (290-310°) и падают на северо-восток под углами 15-35°. Толщи слабо дислоцированы в складки шириной от 400 до 700 м. В замках антиклиналей наблюдаются следы перемещения одних слоев относительно других и растяжение слоев, приводящее к образованию многочисленных трещин излома. Последние иногда выполнены жилками белого кварца. Отчетливо наблюдается асимметрия складок с наклоном осевых плоскостей к юго-западу.

Следует особо отметить описанные Т.П. Вронко явления мелких надвигов по северному берегу губы Эйна, в южной части п-ова Рыбачий [31]. Однако помимо малоамплитудных имеются и более крупные надвиги (рис. 7). Так, в северо-западной части полуострова наблюдается аллохтонное налегание сланцев скарбеевской свиты на отложения лонской и перевальной свит. Амплитуда перемещения по надвигу, по-видимому, достигает нескольких километров. Черносланцевый комплекс скарбеевской свиты испытал несколько этапов деформации, о чем может свидетельствовать существование складок разной ориентировки и масштаба.

Залегание пород п-ова Рыбачий также осложняется системой левосторонних сдвигов, амплитуда смещения по которым может достигать от сотни метров до первых километров.

Детальные геолого-геофизические исследования описываемого региона, разномасштабное дешифрирование аэро-, космоснимков и детальных карт поверхности дна, прилегающей к полуострову акватории Баренцева моря, позволили построить схему блокового строения северо-восточной оконечности Балтийского щита (рис. 8).

Анализ полученных данных показывает закономерное пространственное соподчинение структур проседания в пределах развития грабена Варангер к северу от Кольского п-ова и развития структурных элементов клавишного типа на п-ове Рыбачий. Анализ структур показывает, что центральная часть п-ова Рыбачий является структурой проседания, ограниченной крупноамплитудными сдвигами трансформного типа. Горизонтальные амплитуды смещения по ним достигают 100-150 м, а вертикальная составляющая около 60 м. К северу степень проседания центральной зоны полуострова увеличивается.

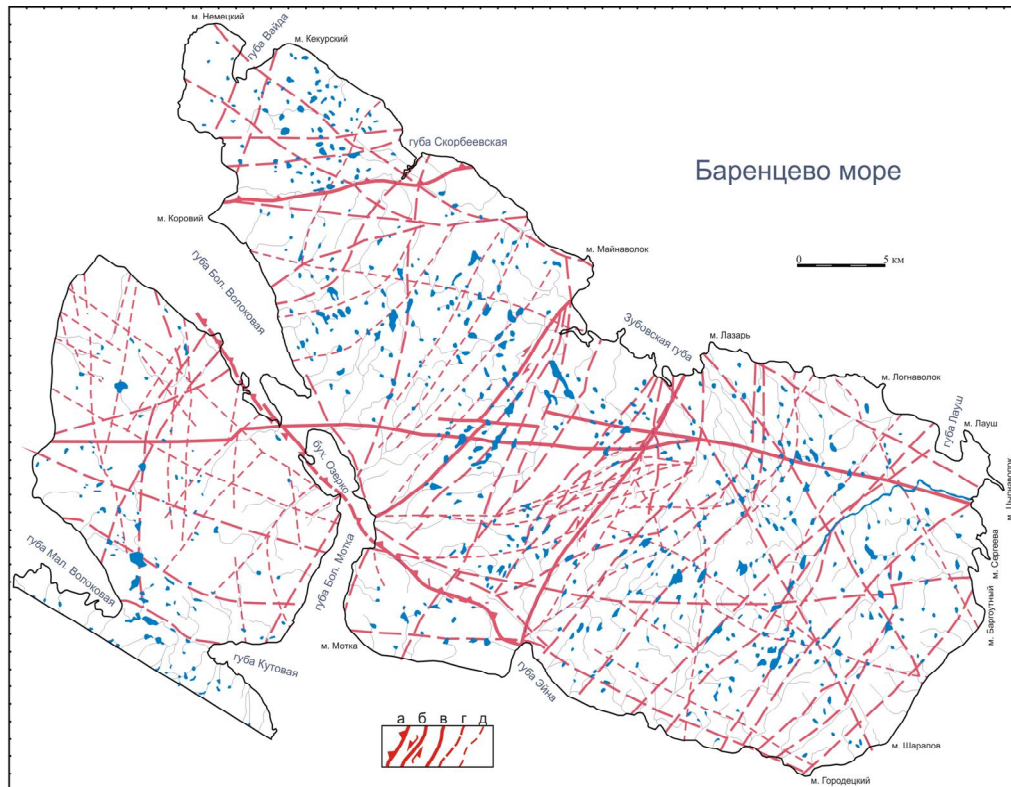


Рис. 7. Схема разрывных нарушений полуостровов Средний и Рыбачий: а-в – разрывные нарушения первого ранга: а – надвиги и сбросо-сдвиги; б – сдвиги; в – разломы с неясной кинематикой; г – разрывные нарушения второго ранга; д – разломы третьего ранга

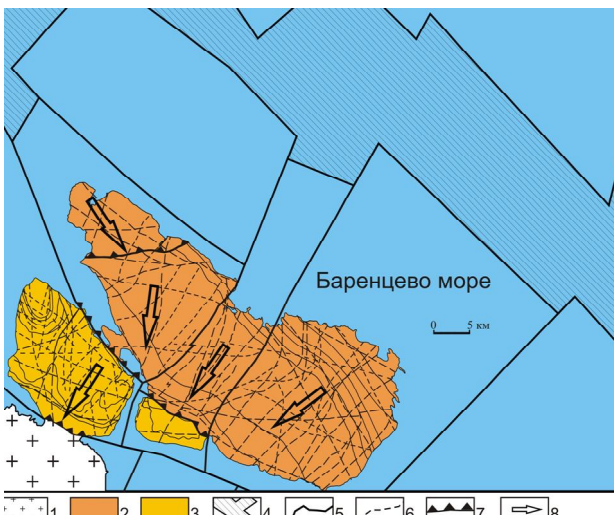


Рис. 8. Кинематическая схема блокового строения прибрежной зоны северо-восточной оконечности Балтийского щита: 1 – нерасчлененный комплекс тоналит-трондьемитов неорархея; 2 – отложения среднего рифея; 3 – отложения верхнего рифея и, возможно, венда; 4 – структуры проседания фундамента Балтийского щита в зоне развития Норвежско-Мезенского рифта; 5 – границы блоков; 6 – разрывные нарушения; 7 – сбросы, сбросо-надвиги и надвиги; 8 – направления смещения блоков коры

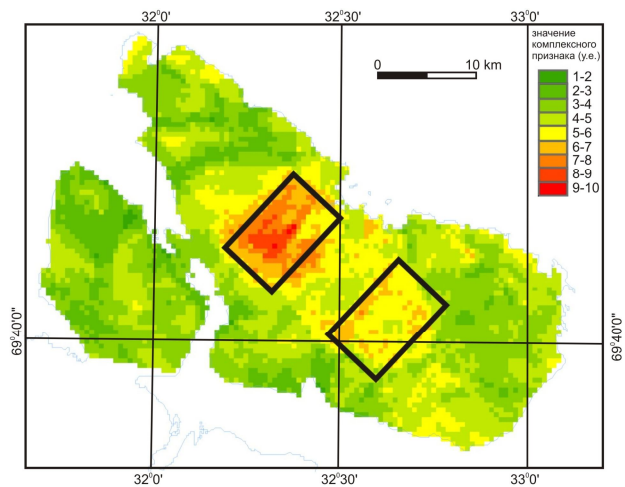


Рис. 9. Пример вычисления комплексного признака с равновесной весовой функции для полуостровов Средний и Рыбачий (Кольский п-ов). Чем выше значение комплексного признака, тем выше потенциал территории

Магматические проявления на п-ове Рыбачий достаточно редки. Наиболее распространены дайки долеритов северо-восточного простирания в северо-западной части полуострова (рис. 6). Они обычно прослеживаются на 100-150 м при мощности 3-5 м. Возраст проявления магматизма и деформаций пород п-ова Рыбачий следует связывать с байкальским и каледонским орогенезом, что подтверждается и палеомагнитными данными [36]. В результате проведения комплексного анализа геолого-геофизических данных с использованием программного модуля ArcGIS Spatial Analyst в пределах северной оконечности Кольского п-ва на территории п-ова Рыбачий нами были выделены две перспективные на поиски месторождений углеводородов площади (рис. 9). Процедура моделирования сводилась к задаче классификации в некотором весовом пространстве определенных признаков, главными из которых являются:

- аномалии гравитационного поля;
- зоны градиентов гравитационного поля;
- аномалии регионального магнитного поля;
- локальные положительные и отрицательные аномалии магнитного поля;
- аномалии газовой съемки по метану;
- аномалии суммарной интенсивности гамма-фона;
- поверхностное геологическое строение территории;
- тектоника изучаемой территории;
- структурные особенности изучаемой территории;
- суммарная мощность рифейского осадочного чехла.

Принципиально важным моментом в таком моделировании является выбор системы нормированных весовых функций, которые обеспечивают оптимальность классификации территории по некоторому априорному правилу для набора признаков.

В результате проведенных исследований достаточно уверенно просматривается сопряжение выделенных площадей с развитым в центральной части п-ова Рыбачий срединного поперечного грабена, который был сформирован на стадии активного развития Норвежско-Мезенской системы рифтов в прибрежной акватории Баренцева моря (рис. 9). Этот грабен по значениям комплексного параметра в целом характеризуется как область благоприятного сочетания признаков для поисков залежей углеводородов. В процессе моделирования рассматривалась также и степень изменения комплексного признака при вариациях нормированных весовых функций в некоторых разумных пределах. При этом исследовались наиболее устойчивые черты пространственного поведения комплексного признака и было просчитано более 50 моделей его распределения.

Проведенные исследования показали, что одну из основных ролей в формировании современного геологического облика территории играют тектонические процессы, обеспечившие сложное сочетание сдвиговой и частично надвиговой тектоники при совмещении комплексов пород полуостровов Средний и Рыбачий. Анализ региональных сейсмических материалов МОВ-ОТГ позволяет предполагать, что в пределах участков суммарная мощность рифейского осадочного чехла составляет 3.5-4.5 км, причем в нижних его горизонтах возможно обнаружение кильдинского комплекса. Породы этого комплекса по своим геохимическим характеристикам благоприятны для накопления углеводородов.

В заключение следует отметить, что прогнозирование областей, зон и районов локализации промышленно значимых скоплений углеводородного сырья в пределах нефтегазоносных бассейнов, и прежде всего их экономического потенциала, является крайне важной задачей при осуществлении поисковых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с. 2. Сорохтин О.Г. Жизнь Земли. М.; Ижевск: Изд-во НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ин-т компьютерных исследований, 2007. 452 с. 3. Чумаков Н.М. Докембрийские тиллиты и тиллоиды (проблемы докембрийских оледенений // Тр. ГИН. М.: Наука, 1978. Вып. 308. 202 с. 4. Дмитриевский А.Н., Каракин А.В., Баланюк И.Е., Матвеевков В.В. Гидротермальный механизм образования углеводородов в срединно-океанических хребтах (на примере Баренцева и Норвежского морей) // Геология нефти и газа. 1997. № 8. С. 10-24. 5. Грамберг И.С., Кулаков Ю.Н., Погребницкий Ю.Е., Сороков Д.С. Арктический нефтеносный супербассейн // Нефтегазоносность Мирового океана. Л.: Севморгеология, 1984. С. 5-24. 6. Объяснительная записка к тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России масштаба 1:2 500 000. М.: Изд-во Ин-та литосферы, 1996. 94 с. 7. Шипилов Э.В. О периодичности проявлений основного магматизма в пределах Западно-Арктической окраины Евразии в фанерозое // Вестник МГТУ. 1998. Т. 1, № 3. С. 97-104. 8. Шипилов Э.В. Месторождения углеводородного сырья российского шельфа Арктики: геология и закономерности размещения // Вестник МГТУ. 2000 Т. 3, № 2. С. 339-350. 9. Громека В.И., Буровой А.М., Куренков Н.Т., Меннер В.В. Закономерности размещения и перспективы поисков месторождений нефти и газа в Тимано-Печорской провинции // Геология нефти и

газа. 1994. № 6. С. 42-47. 10. *Калантар И.З., Морозов Э.Г., Тюнегин С.П.* Перспективы нефтегазоносности триасовых отложений Тимано-Печорской провинции // Геология нефти и газа. 1982. № 2. С. 13-18. 11. *Дмитриевская Т.В., Рябухина С.Г., Дворецкий П.И., Пономарев В.А., Зайцев В.А.* Влияние амплитуд неотектонических движений на характер распределения нефтяных и газовых месторождений по разрезу Тимано-Печорского бассейна // Геология нефти и газа. 1999. № 10. С. 8-12. 12. *Борисов А.В., Винниковский В.С., Таныгин И.А., Федоровский Ю.Ф.* Шельф Баренцева и Карского морей – новая крупная сырьевая база России (особенности строения, основные направления дальнейших работ) // Геология нефти и газа. 1995. № 1. С. 7-12. 13. *Клубов Б.А., Кораго Е.А.* О природе жидких битумов севера Новой Земли // ДАН СССР. 1990. Т. 315, № 4. С. 925-928. 14. *Федоровский Ю.Ф.* Перспективы нефтегазоносности карбонатных верхне-среднепалеозойских отложений на российском шельфе Баренцева моря: автореф. дис. ... канд. г.-м.н. М.: ВНИИГАЗ, 2007. 27 с. 15. *Безруков В.М.* Природные битумы острова Грэм-Белл Земли Франца-Иосифа и их значение для оценки перспектив нефтегазоносности арктической окраины Баренцево-Северо-Карского шельфа // Геология нефти и газа. 1997. № 2. С. 35-38. 16. *Клубов Б.А., Винокуров И.Ю.* Природные битумы Земли Франца-Иосифа надежный нефтепоисковый признак // Геология нефти и газа. 1998. № 2. С. 16-20. 17. *Преображенская Э.Н., Школа И.В., Корчинская М.В.* Стратиграфия триасовых отложений архипелага Земля Франца-Иосифа (по материалам параметрического бурения) // Стратиграфия и палеонтология мезозойских осадочных бассейнов Севера СССР. Л., 1985. С. 5-15. 18. *Семенович В.В., Назарук В.В.* О нефтегазоносности юго-востока шельфа Баренцева моря // Геология нефти и газа. 1992. № 6. С. 26-34. 19. *Левашкевич В.Г.* Закономерности распределения геотермического поля окраин Восточно-Европейской платформы (Баренцевоморский и Белорусско-Прибалтийский регионы): автореф. дис. ... докт. г.-м.н. М.: МГУ, 2005. 42 с. 20. *Шкатов Е.П., Старк Л.Г., Качурина Н.В., Безруков М.В., Винокуров И.Ю.* К вопросу о перспективах нефтегазоносности северных областей Баренцево-Карского шельфа (желоб Франц-Виктория) // Геология нефти и газа. 2001. № 4. С. 12-16. 21. *Дмитриевский А.Н., Белонин М.Д.* Перспективы освоения нефтегазовых ресурсов российского шельфа // Природа. 2004. № 9. С. 6-15. 22. *Беккер Ю.Р., Неэруца В.З., Полевая Н.И.* Возраст глаукритовых горизонтов и верхней границы гиперборей восточной части Балтийского щита // ДАН СССР. 1970. Т. 193, № 5. С. 1123-1126. 23. *Любцов В.В., Михайлова Н.С., Предовский А.А.* Литостратиграфия и микрофоссилии позднего докембрия Кольского полуострова. Апатиты, 1989. 130 с. 24. *Samuelsson J.* Biostratigraphy of Kildin Island and Sredni Peninsula: preliminary results // Norwegian-Russian Collaboration Programme «North Area»: 1-st International Barents Symposium (Abstracts), 21-24 October, 1993, Kirkenes, Norway. 25. *Келлер Б.М., Соколов Б.С.* Поздний докембрий севера Мурманской области. // ДАН СССР. 1960. Т. 133, № 5. С. 1154-1157. 26. *Беккер Ю.Р.* Молассы докембрия. Л.: Недра, 1988. 1986 с. 27. *Gorokhov I.M., Turchenko T.L., Baskakov A.V., Kutuyavin E.P., Melnikov A.V., Sochava A.* Rb-Sr study of multis tage illite generation in shales of Poropelonskaya and Pumanskaya Formations, Sredni Peninsula // Norwegian-Russian Collaboration Programme «North Area»: 1-st International Barents Symposium (Abstracts), 21-24 October, 1993, Kirkenes, Norway. 28. *Полканов А.А.* Дополнение к статье «Гиперборейская формация полуострова Рыбачий и острова Кильдина (Кольский полуостров)» // Проблемы сов. геол. 1934. Т.4, №10. С. 165. 29. *Келлер Б.М., Копелиович А.В., Соколов Б.С.* Полуострова Рыбачий, Средний и остров Кильдин // Стратиграфия СССР, верхний докембрий. М., 1963. Т. 1. С. 103-113. 30. *Коноплева Н.Г.* Верхнепротерозойская ритмичная толща п-ова Рыбачий // ДАН СССР. 1974. Т. 219, № 1. С. 175-178. 31. *Люткевич Е.М., Харитонов Л.Я.* Докембрийские отложения полуостровов Рыбачий, Среднего и острова Кильдина // Геология СССР, Мурманская область. Т. XXXVII, ч. 1: Геологическое описание. М.: ГОНТИ, 1958. С. 361-370. 32. *Неэруца В.З.* Стратиграфия гиперборейских отложений полуостровов Среднего, Рыбачьего и острова Кильдин // Проблемы геологии докембрия Балтийского щита и покрова Русской платформы: тр. ВСЕГЕИ. Л.: Недра, 1971. Т. 175. С. 153-186. 33. *Сергеева Э.И.* Главные черты строения сводного разреза позднего докембрия Кольского полуострова // Некоторые вопросы геологии Карело-Кольского региона: тематич. сб. науч. тр. М., 1973. Вып. 4. С. 3-15. 34. *Коноплева Н.Г.* О стратиграфии рифейских отложений полуострова Рыбачий // Новые данные по геологии и стратиграфии Северо-Запада РСФСР: тр. / Министерство геологии РСФСР. М., 1977. Вып. 6. С. 62-80. 35. *Siedlecka A., Roberts D.* The bedrock geology of Varanger Peninsula, Finmark, North Norway: an excursion guide // Nor. Geol. Unders., Special Publ. 1992. Vol. 5. 45 p. 36. *Torsvik T., Roberts D., Siedlecka A.* Paleomagnetic data from sedimentary rocks and dolerite dykes, Kildin Island, Rybachi, Sredni and Varanger Peninsulas, NW Russia and NE Norway // Norwegian-Russian Collaboration Programme «North Area»: 1-st International Barents Symposium (Abstracts), 21-24 October, 1993, Kirkenes, Norway.

Сведения об авторах

Сорохтин Николай Олегович – д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: sorokhtin@geoksc.apatity.ru

Козлов Николай Евгеньевич – д.г.-м.н., профессор, зав. лабораторией, e-mail: kozlovne@afmgtu.apatity.ru

Куликов Николай Владимирович – генеральный директор ООО "Арктические технологии"

Глазнев Виктор Николаевич – д.ф.-м.н., зав. кафедрой, e-mail: victor.glaznev@smtp.ru

Чирикеев Игорь Владимирович – к.г.-м.н., зам. директора, e-mail: chikiryeviv@afmgtu.apatity.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕВРО-АРКТИЧЕСКОГО ГАЗОВОГО КЛАСТЕРА НА ТЕРРИТОРИИ БАРЕНЦ-РЕГИОНА

А.Б. Котомин

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН

Аннотация

Приведен анализ состояния Евро-Арктического газового сектора экономики с учетом возможных достижений и рисков регионального сотрудничества, который позволяет обосновать формирование в рамках Баренц-региона инновационного газового кластера. Делается вывод, что осуществление Штокмановского проекта в части создания комплекса по производству сжиженного природного газа (СПГ) из области отдаленной перспективы может быть переведена в стадию непосредственной реализации.

Ключевые слова:

газовый кластер, Баренц-регион, Штокман, сжиженный природный газ.



Штокмановское газоконденсатное месторождение открыто в 1988 г. Оно расположено в центральной части Баренцева моря на глубине 280-360 м, на расстоянии 550 км к северо-востоку от береговой линии Кольского полуострова. Геологические запасы газа (С1+С2) первоначально оценивались в 3205.3 млрд м³, запасы газового конденсата (С1+С2) – 30.98 млн. т. Лицензия на право пользования недрами была выдана в 1993 г. ЗАО «Росшельф».

В 1994 г. институтом «Гипроспецгаз» было выполнено ТЭО проекта, который в дальнейшем рассматривался как базовый при разработке новых вариантов. В соответствии с ТЭО годовой уровень добычи газа составлял 60 млрд м³, полный срок разработки месторождения – 50 лет, общий объем инвестиций в освоение месторождения – 18.2 млрд долл., окупаемость капитальных вложений – 13 лет.

Разработка месторождения первоначально планировалась на условиях СПП, причем 30% добытого газа должно было пойти на покрытие затрат по проекту. В течение 30 лет эксплуатации, по информации ЗАО «Росшельф», в бюджеты различных уровней должно было поступить более 40 млрд долл.

В конце 2001 г. ОАО «Газпром» и ОАО НК «Роснефть» подписали соглашение об объединении усилий в освоении пяти месторождений на шельфе Печорского моря, в том числе и Штокмановского. Для этого ЗАО «Росшельф» и ОАО «Роснефть-Пурнефтегаз» создали на паритетных началах совместное предприятие ЗАО «Севморнефтегаз», на которое были переоформлены лицензии на разработку [1].

После доразведки в 2002-2003 гг. утвержденные запасы месторождения по категории С1+С2 составляют 3 трлн 660 млрд м³ газа и более 30 млн т газового конденсата. При этом исходная оценка стоимости разработки Штокмановского месторождения была повышена до 20 млрд долл.

Руководителями ОАО «Газпром» и администрации Мурманской области 28 июня 2006 г. в г. Мурманск была подписана «Декларация о намерениях инвестирования в комплексное освоение Штокмановского газоконденсатного месторождения». Представителем ОАО «Гипроспецгаз» на презентации проекта были озвучены основные параметры проектируемого комплекса. Предлагались два базовых варианта освоения с ежегодной добычей в размере 71 или 94.6 млрд м³. В зависимости от выбора базового варианта предусматривалось освоение месторождения в три или в четыре фазы в различных сочетаниях добытых объемов между переработкой на заводе СПГ и перекачкой по магистральному газопроводу Видяево – Волхов. При этом начало работ во всех случаях намечалось на 2011 г. (фаза 1), а завершение освоения (фаза 3 – по первому варианту или фаза 4 – по второму) приходилось на 2018 г., после чего добыча должна была достичь проектных объемов и оставаться стабильной вплоть до 2025 г.

В составе берегового комплекса по производству и отгрузке СПГ (далее завода) предусматривалось создание двух технологических линий по сжижению природного газа с годовым объемом в 7.5 млн т каждая, а также двух емкостей для хранения СПГ, объемом 160 тыс. м³ каждая.

Отгрузка СПГ по проекту должна производиться с двух специализированных причалов в танкеры-газовозы с емкостями порядка 154 или 215 тыс. м³.

Газ на завод предполагалось перекачивать с месторождения на берег в район пос. Видяево по придонному трубопроводу, для чего в районе добычи предусматривалась установка донной плиты со всем необходимым оборудованием. Готовую продукцию (СПГ) предполагалось транспортировать морем (танкерами) в Европу (Бильбао, Испания) и США (Кове-Пойнт и Камерон), где имеется инфраструктура по приему СПГ. При этом расстояние до Бильбао составляет 2420 миль, а до Камерона в два с лишним раза больше. Согласно проекту, для отгрузки всей продукции требуется до 38 судов-газовозов.

В июле 2007 г. с помощью норвежцев была произведена новая доразведка на Штокмановском месторождении, в результате которой оценка запасов выросла до 4 млрд м³.

В настоящее время идет процесс проектирования наземной части газоперерабатывающего комплекса вблизи Мурманска и газопровода до Волховстроя. Размещены заказы на две полупогружные платформы ледового класса.

Осенью 2007 г. Выборгский судостроительный завод (ВСЗ) подписал с ОАО «Газпром» контракт на строительство буровых платформ общей стоимостью 59 млрд руб. До этого, в августе 2007 г., завод выиграл тендер на создание двух буровых платформ для ООО «Газфлот»*, геолого-разведочного и судовладельческого предприятия со 100%-м участием ОАО «Газпром». В июле 2008 г. Выборгский судостроительный завод осуществил закладку первой полупогружной буровой установки (ППБУ) для ОАО «Газпром». Здесь также будут построены корпуса и верхние палубы платформ. Первую установку завод планирует отправить заказчику в октябре 2010 г., вторую – в марте 2011 г.

Первые полупогружные буровые установки будут представлять собой самоходные плавучие сооружения катамаранного типа с двумя понтонами и шестью стабилизирующими колоннами, поддерживающими верхний корпус и верхние строения. Они будут оснащены всем необходимым оборудованием для эффективного и безопасного функционирования в суровых условиях Баренцева моря.

В рамках заключенного договора между ВСЗ и ООО «Газфлот» предприятие должно обеспечить проектирование и строительство платформ, которые смогут работать в арктических условиях при наличии битого льда толщиной до 70 см и температуре наружного воздуха до -30°C на глубинах моря до 500 м и осуществлять бурение скважин на глубину до 7 500 м.

В качестве базового выбран проект платформы MOSS CS-50, которая спроектирована для эксплуатации в условиях северных морей. Расчетный срок службы данных установок должен составить не менее 20 лет с возможностью его дальнейшего продления.

Однако первоначальные оценки по инвестициям в освоение Штокмана выросли в несколько раз, а сроки окончания строительства первой очереди уже отодвинуты с 2008 до 2013 гг. По оценкам специалистов ЗАО «Севморнефтегаз», дочерней компании «Газпрома», которая владеет лицензией на разработку, до 2020 г. на три фазы освоения Штокмановского месторождения планируется потратить около 40 млрд долл. При этом будет достигнут уровень добычи порядка 70 млрд м³ газа ежегодно. Реальная стоимость проекта будет уточнена после проведения тендеров для поставщиков оборудования, материалов и услуг в 2009 г.

По оценкам других специалистов, итоговые затраты на проект могут значительно превысить приведенную выше цифру и достичь уровня 60-70 млрд долл., поскольку рост стоимости сервисных услуг и расходных материалов, а также общее инфляционное давление, являются устойчивым трендом и могут привести к увеличению затрат уже в ходе реализации проекта.

В инвестиционной программе «Газпрома» на 2007 г. на освоение Штокмановского месторождения, которое планировалось начать в этом же году, было предусмотрено 17.1 млрд руб. Однако в дальнейшем в намерениях «Газпрома» произошли изменения, существенно отодвинувшие сроки ввода месторождения в эксплуатацию и вызванные, по-видимому, целым рядом причин.

Во-первых, как оказалось, в мире не существует проектных наработок, позволяющих осваивать шельфовые месторождения на большой глубине и удаленности от берега при столь тяжелых ледовых условиях. Даже включение в проект норвежской «Статойл-Гидро» не смогло исправить положения: эта компания ведет добычу углеводородов в незамерзающей из-за влияния Гольфстрима части Северного моря. Отечественные же проектно-конструкторские и судостроительные организации оказались еще менее подготовленными к решению поставленной задачи. Характерным примером этого явилось освоение

* Дочерняя компания ОАО «Газпром»

месторождения «Приразломное», которое должно было дать первые тонны нефти еще в 2004 г., но до сих пор так и не начало функционировать.

В то же время использование опыта норвежской компании по добыче углеводородов на шельфе Северного моря может существенно ускорить процесс освоения российского шельфа и создания в Мурманской области основы Евро-Арктического газового кластера с использованием самых современных технологий разведки и добычи.

Во-вторых, на инвестиционные возможности «Газпрома» оказало влияние «распыление» заемных средств по целому ряду проектов, в том числе зарубежных. Даже для такой мощной компании, как «Газпром», одновременное выполнение трех-четырёх крупных проектов становится проблематичным. В последние несколько лет эта крупнейшая газовая компания мира проводила политику диверсификации своего бизнеса, активно скупая непрофильные активы и инвестируя средства в сферы, смежные с добычей газа. «Газпром» направлял ресурсы на скупку активов в нефтяной и электроэнергетической отраслях, создавал совместное предприятие с производителем угля, инвестировал медийную и спортивную сферы. В краткосрочной перспективе эта стратегия, направленная на покупку все еще недооцененных по мировым меркам активов в смежных областях, может быть успешной, но не в условиях кризиса.

В-третьих, прогнозировавшийся еще в 2007 г. некоторыми экспертами мировой финансово-экономический кризис, который разразился осенью 2008 г., существенно снизил капитализацию «Газпрома» и привел к необходимости секвестра инвестиционной программы.

В июле Президиум Правительства РФ утвердил снижение инвестиционной программы «Газпрома» на 2009 г. до 775 млрд руб., что на 26% меньше прежнего плана. Официально из всех проектов, сроки освоения которых «Газпром» собирается перенести на более позднее время, называлось только Бованенковское месторождение: отсрочка его освоения на год (до конца 2012 г.) даст концерну почти 137 млрд руб. экономии в 2009 г. Но в меморандуме к размещению еврооблигаций «Газпром» сообщил и о других корректировках прежних планов. Как следует из меморандума, к выпуску евробондов «Газпром» сдвинул сроки еще нескольких проектов. На год отложено не только освоение Бованенковского месторождения, но и выход на проектную мощность добычи на Харвутинской площади Ямбургского месторождения (новый срок – 2011 г., 30 млрд м³) и ввод Западно-Песцового месторождения (2010 г., 2 млрд м³). На два года, до 2012 г., переносится начало добычи на Ныдинской площади Медвежьего месторождения (план по добыче – 2 млрд м³ в год). Общие инвестиции «Газпрома» в эти проекты в 2009 г. должны были составить 12,4 млрд руб. На зарубежные проекты «Газпрома» в 2009 году предполагалось потратить 10,9 млрд руб., но могут быть скорректированы планы в Венесуэле (начало бурения на блоке «Урумако-2»).

Баланс газа: какое топливо продавалось в России и за рубежом

	I КВАРТАЛ 2009 Г.	ИЗМЕНЕНИЕ К 2008 Г., %
Добыча газа в России, в т. ч.	153,4	-14,8
– Газпром	123,5	-18,2
– другие производители	29,9	3,5
Поступление газа в российскую систему*, в т. ч.	164,0	-21,7
– из Средней Азии	15,7	13,8
– из ГХГ**	8,7	-69,3
Поставки газа из системы, в т. ч.	164,0	-21,7
– потребителям в России	114,1	-6,4
– экспорт, включая газ из Средней Азии	37,5	-46,9
– закачка в ГХГ	15,7	13,8
	0,2	-50,0

*ТОЛЬКО ЕСГ, Т. Е. БЕЗ УЧЕТА ОПЕРАТОРОВ ОРП И ПРОЧ.

**ЗДЕСЬ И ДАЛЕЕ – ТОЛЬКО РОССИЙСКИЕ ГХГ

ИСТОЧНИК: «ГАЗПРОМ», ЦДУ ТЭК

Баланс газа в I квартале 2009 г.

неизменны: запуск первой нитки газопровода – в 2011 г., второй – в 2012 г. Вторую нитку газопровода планировалось заполнить газом со Штокмана.

В то же время «Газпром» намерен увеличить финансирование Восточной газовой программы и, в частности, строительства газопровода «Сахалин–Хабаровск–Владивосток».

В целом ситуация с добычей и поставками газа в 2009 г. складывалась неблагоприятно (рис.).

Также возможно изменение сроков ввода Штокмановского месторождения: в меморандуме «Газпром» указал, что эти сроки могут быть пересмотрены «в зависимости от ситуации на рынке природного газа». По утвержденному в декабре 2008 г. плану общие капиталовложения в Штокман в 2009 г. должны были составить 37,1 млрд руб., долгосрочные финансовые вложения – еще 18,5 млрд руб., а общая смета первой фазы проекта – 15 млрд долл. в ценах 2006 г. При этом сроки ввода газопровода Nord Stream, который свяжет Россию и Германию по дну Балтийского моря, остались

В то же время в Архангельской области подходит к завершению еще один проект, связанный со строительством газопровода и газификацией.

Строительство газопровода-отвода от системы магистральных газопроводов «Ухта–Торжок» (компрессорная станция «Нюксеница») к городам Архангельск и Северодвинск ведется с 1988 г. Протяженность газопровода-отвода составляет 647,2 км, запланированная производительность к 2010 г. – более 2,5 млрд м³, проектная мощность – 3,3 млрд м³ в год.

Приход газа в область позволит изменить экономику не только рядовых потребителей на коммунальном уровне, но и крупных предприятий, которые смогут использовать более дешевое топливо и применять новые технологии в производстве. Как обещали в июле 2008 г. представители «Газпрома», в конце года должен был быть проложен последний километр газопровода. При этом газораспределительные станции предполагалось построить в первом квартале 2009 г., а одну из них еще до конца 2008 г.

Инвестиции в строительство газопровода-отвода осуществляли ОАО «Газпром», администрация Архангельской области и ОАО «Севергаз». Ныне средний уровень газификации Архангельской области составляет 9,8%, в том числе в городах – 13%, в сельской местности – 2%. В среднем по России эти показатели равны 62, 67 и 44% соответственно [2].

В сущности, проектные объемы прокачки газа по строящемуся газопроводу невелики, поскольку речь идет о газификации, а не об экспорте газа. Однако свидетельством того, насколько быстро можно нарастить мощность трубопроводной системы в условиях, когда один проект уже реализован, является Балтийская трубопроводная система «Транснефти», утроившая свою мощность всего за год. Поэтому проложить к Архангельску дополнительный газопровод, который обеспечит сырьем проектируемый завод СПГ под Мурманском, – далеко не утопическая идея.

Безусловно, необходимо продолжить трубопровод до Териберки или Видяево, проведя его по дну в горле Белого моря, при этом можно использовать материалы предварительной геологоразведки несостоявшегося проекта МТС, инициированного в 2003 г. компанией «ЮКОС». Причем идея провести газопровод по дну моря уже никого не пугает, поскольку сейчас решается проблема строительства «Северного потока» по дну Балтики.

Эффектом от принятия такого решения является возможность начать немедленно строительство завода СПГ под Мурманском и в течение 1-2 лет наладить экспорт сжиженного газа потенциальным потребителям, обеспечив независимый от стран-транзитеров экспорт продукта высокотехнологичной переработки. В то же время это создаст предпосылки для освоения именно российскими компаниями запасов углеводородов так называемой «серой зоны» – предмета спора между Россией и Норвегией.

В политическом плане при решении данного вопроса необходимо учесть стремление Норвегии к переделу Арктического шельфа в свою пользу и планы создания в районе Киркенеса, на границе с Россией, специализированной базы по освоению углеводородных запасов спорной зоны, где, возможно, находятся до 12 месторождений, 4 из которых по запасам превосходят Штокман. России необходимо вести игру на опережение и использовать партнерство в рамках Баренц-региона в своих целях – для подготовки собственных кадров и технологической основы освоения Арктического шельфа.

Основным акционером ОАО «Газпром» – этого крупнейшего нефтегазового холдинга – является государство, владеющее 50,002% акций [3], поэтому именно государство должно принять решение об изменении его инвестиционной программы путем включения в нее предлагаемого проекта и обеспечения основы для создания Евро-Арктического газового кластера, возможно, – с участием иностранных компаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Нефть и капитал» – информационный ресурс. Режим доступа: <http://www.oilcapital.ru/>. Загл. с экрана. 2. Газопровод в Архангельск придет в 2008 году // Мои события. 2008. Режим доступа: <http://7-08.mysob.ru/news/economy/92812.html> 3. Мазнева Е., Письменная Е. «Газпром» опять утек. // Ведомости. 2009. Режим доступа: <http://www.vedomosti.ru/newspaper/article.shtml?2009/07/31/207765>

Сведения об авторе

Котомин Александр Борисович – к.т.н., старший научный сотрудник, e-mail: iep@iep.kolasc.net.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ СЕВЕРА

В.С. Селин, В.А. Цукерман

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН

Аннотация

Проведен комплексный анализ сложившихся позитивных и негативных тенденций в экономике северных регионов России и дана оценка влияния новых технологий на структурные изменения в социально-экономическом развитии. Рассмотрены основные внешние и внутренние факторы, влияющие на научно-технический и инновационный потенциал регионов Севера. Разработаны концептуальные основы стратегии развития регионов Севера, основанные на переходе от ресурсной модели к инновационно-технологической.

Обоснована возможность и целесообразность формирования производственных кластеров на Севере и показана их роль в освоении углеводородных ресурсов Арктического шельфа. Органам власти северных регионов предложены меры по формированию высокотехнологичных кластеров.

Ключевые слова:

инновационная промышленная политика, модель, Север, инфраструктура, кластер.

Цель государственной политики на Севере – формирование институциональных условий, позволяющих обеспечить режим устойчивого и комплексного социально-экономического развития территорий на основе ускоренного перехода от политики преимущественного освоения сырьевых ресурсов к сбалансированному развитию отраслей промышленности; создание механизмов поддержки использования достижений научно-технического прогресса; стимулирование действующих и создание новых территориально-производственных комплексов.

Для перехода регионов Севера к устойчивому развитию требуется реформирование технологической структуры экономики с концентрацией основных производственных мощностей на срединных и завершающих стадиях технологического цикла в перерабатывающей и обрабатывающей промышленности, сфере услуг, производстве конечной продукции, включая товары народного потребления.

Реализация постановлений Правительства РФ последних лет, связанных со стратегией перевода экономики России на инновационный путь развития, требует от федеральных и региональных органов управления беспрецедентных усилий по развитию, поддержке и координации деятельности участников инновационного процесса, обеспечению позитивных сдвигов в реформировании национальной и региональных инновационных систем (НИС и РИС), существенному улучшению их основных параметров и организации управления экономикой.

В настоящее время в рамках концепции НИС ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития) особое внимание уделяется направлениям и механизмам создания знаний и основанных на них их трансфера и коммерциализации в контексте развития экономики. Способность быстро меняться, гибко реагировать на полученную информацию, применять ее становится ключом к успеху инноваций и получению выгоды от тех знаний, которые создаются внутри компании [1].

Следует отметить, что развитие НИС и РИС не носит унифицированного характера. Напротив, исключительно важно учитывать региональные особенности и эффективно их использовать [2].

На научно-технический и инновационный потенциал регионов Севера существенно влияют основные внешние и внутренние факторы (табл. 1).

На настоящий момент доля России в общемировом технологическом секторе составляет около 0.3%, а на рынке нанотехнологий – 0.04% [3]. По сравнению с Российской Федерацией основные показатели научно-технического и инновационного потенциала регионов Севера значительно ниже. Так, доля инновационных товаров, выполненных работ, услуг от общего объема отгруженных товаров, выполненных работ, услуг в 2008 г. по России составляла 5.0%, в регионах Севера – лишь 1.9%. При этом с 2000 по 2008 гг. значения оставались практически неизменными.

К сожалению, большая часть «позитивных» потенциалов Севера практически не используется в надлежащих объемах. Причин «инновационной апатии» можно назвать много, и, вероятно, ни одна из них не является определяющей: все они действуют в комплексе. Но особо нужно отметить, что

государственная политика Российской Федерации в области инноваций и формируемая инновационная инфраструктура не объединены единой концепцией развития, что и приводит в итоге к разобщенности участников инновационного процесса [4].

Таблица 1

Основные факторы, влияющие на научно-технический и инновационный потенциал регионов Севера

Внешние факторы	Внутренние факторы
Отсутствие единой нормативно-правовой базы регулирования – Федерального закона «Об инновациях и инновационной деятельности»	Существенное сокращение численности непосредственных участников научного процесса – исследователей
Несформированность национальной и региональной инновационных систем	Наличие в научно-технической сфере значительных заделов фундаментальных и прикладных исследований, а также высококвалифицированных научных кадров
Отсутствие цепочки непрерывного финансирования инновационной деятельности, состоящей из соединяющихся и дублирующих друг друга звеньев	Несоответствие объема и структуры финансирования науки потребностям ее развития и мировым стандартам
Отсутствие связующих звеньев в цепочке наука–производство и практическое отсутствие государственного регулирования механизма управления технологическим развитием	Наличие инфраструктуры инновационной системы
Преимущественно ресурсно-сырьевая направленность экономики	Значительное старение научных кадров – наиболее опасная угроза для общества, связанная с утратой преемственности в науке

Основные проблемы развития научно-технического и инновационного потенциала регионов Севера следующие:

- несформированность национальной и региональной инновационной системы;
- в нормативно-правовых актах большинства северных регионов, относящихся к научно-технической и инновационной деятельности, не учтена роль человеческого фактора, в том числе меры по привлечению и стимулированию исследователей и предпринимателей-инноваторов к участию в создании инновационной инфраструктуры;
- неразвитость системы страхования инвестиционных и инновационных рисков;
- наличие в общественном сознании стереотипа, согласно которому наука должна обеспечивать инновационные разработки, основанные на знаниях, а предприятия и организации – их реализовывать;
- отсутствие информационно-консультативной системы для участников инновационного процесса;
- отсутствие должного внимания к целенаправленной региональной научно-технической и инновационной политике, главной задачей которой должно стать создание такого потенциала, который сможет обеспечить переход экономики к качественно новому типу экономического роста;
- отсутствие инновационных механизмов функционирования предпринимательских структур, которые позволят осуществить переход к новому типу экономического роста.

Основной целью инновационной промышленной политики должно стать создание эффективных механизмов стимулирования технологической модернизации приоритетных направлений развития производства, служащих своеобразными «точками роста» для остальных отраслей региональной экономики.

Приоритетные направления первоначально должны быть определены каждым ведущим предприятием Севера самостоятельно в процессе целенаправленной работы по поиску и выбору наиболее эффективной стратегии выхода на устойчивое развитие. Задачей же региональных органов власти является взаимоувязка частных стратегий для предотвращения межсекторных конфликтов, окончательное ранжирование приоритетных направлений развития промышленного производства и разработка адекватных программ развития инфраструктуры региона в соответствии с намеченной стратегией на перспективу [5].

Динамика промышленного производства, рост его концентрации привели к расширению масштабов исследований. Однако для полноценного инновационного развития требуются определенные предпосылки, формирующие условия для их распространения и превращения в конечные экономические блага, продвижения инновационных продуктов и услуг на внутренние и внешние рынки. В этом плане важным элементом стратегии промышленного развития Севера является региональная инновационная программа – комплекс взаимосвязанных по ресурсам, срокам и исполнителям мероприятий, обеспечивающих эффективное решение важнейших научно-технических проблем на приоритетных направлениях развития экономики Севера. Отбор программ должен осуществляться исходя из социально-экономических приоритетов, прогнозов, целей структурной политики при соблюдении следующих условий:

- существенная значимость этих программ для крупных структурных изменений, направленных на формирование нового технологического уклада;
- принципиальная новизна и взаимосвязанность проектов, необходимых для широкомасштабного распространения прогрессивных научно-технических достижений.

В современных условиях наукоемкий сектор промышленности Севера является наиболее перспективной базой ускоренного технологического развития страны, масштабного и форсированного обновления устаревшего производственного аппарата. Одной из задач промышленной политики является создание условий для размещения производства технологических инноваций на территории регионов Севера и возможная поддержка региональных производителей на начальных стадиях организации производства. Кроме того, существующая практика передачи крупными компаниями на аутсорсинг непрофильных видов деятельности раскрывает большие возможности для развития малого инновационного бизнеса в сфере производства технологических инноваций, что необходимо учитывать при формировании системы управления технологическим развитием в регионах.

Пока нет оснований говорить о технологических прорывах в промышленности Севера, интенсивном освоении результатов исследований и разработок. На практике инновации пока слабо влияют на экономику. Предприятия почти всех отраслей промышленности вместо использования различных видов отечественных инноваций предпочитают приобретать импортные машины и оборудование. Так, по данным Росстата, на эти цели предприятиями Севера тратится более 80% средств, предусмотренных на технологические инновации.

Экономика Севера имеет преимущественно сырьевую направленность, при этом минерально-сырьевая база истощается, добыча падает, геолого-разведочные работы наполовину приостановлены. Подкрепим эту ситуацию данными об исполнении федерального бюджета (табл. 2). За первое полугодие 2009 г. доходы упали по отношению к тому же периоду 2008 г. на 27.5% и составили 3168.3 млрд руб. Расходы за этот же период, наоборот, увеличились на 29.1% и составили 3921.9 млрд руб. И это при том, что Минфин придерживает расходы – они составили за полугодие всего 40.1% по отношению к плану 2009 г. [6].

Таблица 2

Исполнение федерального бюджета

Показатели	Первое полугодие 2009 г., млрд руб.	Реализация годового плана, %	Первое полугодие 2009 г. к первому полугодию 2008 г., %
1. Доходы, всего	3168.3	47.2	-27.5
в том числе нефтегазовые	1053.5	51.2	–
2. Расходы	3921.9	40.1	+29.1
3. Дефицит	753.6	25.3	-

Тем не менее, сегодня просматриваются объективные причины для выхода из кризиса. Цены на нефть стабилизировались и держатся на приемлемом уровне. Мировой спрос на минеральное сырье также стабилизировался. При отсутствии объективных причин роста кризиса в России власти нашли «палочку-выручалочку», на которую списываются все грехи российской экономики, – ее стагнация. Это – сырьевой характер экономики России, продолжающееся сырьевое «проклятие», сырьевая «игла», на которой «сидит» наша экономика, тормозит ее диверсификацию, инновацию, интеллектуализацию и т.д.

Благодаря экспортной ориентации предприятий минерально-сырьевого комплекса Севера большинству из них удалось приспособиться к рыночным отношениям, обострившейся конкуренции.

Создан ряд мощных вертикально-интегрированных компаний, многоотраслевых холдингов. Сформировался корпус квалифицированных менеджеров, умеющих работать в условиях рынка.

Таким образом, к преимуществам ресурсно-экспортно-ориентированной модели можно отнести следующее:

- происходит ориентация экономического развития страны на мировую конъюнктуру с целью захвата максимальной доли мирового рынка;
- включение регионов в мировое хозяйство и доступ к мировым ресурсам и технологиям;
- привлечение валютных средств для формирования бюджетов и их инвестирования в региональные и национальные экономики;
- на начальной стадии такая модель может стать «спонсором» экономического подъема других отраслей.

В современных условиях наукоемкий сектор горнодобывающей промышленности Севера является наиболее перспективной базой ускоренного технологического развития страны, масштабного и форсированного обновления устаревшего производственного аппарата.

Специфические особенности экономики северных регионов требуют скорейшего решения вопросов, связанных с объединением усилий участников инновационного процесса для разработки и реализации региональных стратегических приоритетов промышленной политики. Вопрос, в каком объеме использовать минеральные ресурсы Севера, во многом зависит от так называемой «экономической доступности». Вовлечение новых ресурсов большей частью определяется развитием экономики и инфраструктуры.

Проблемная ситуация активной промышленной политики отработки месторождений полезных ископаемых в регионах Севера связана с двумя группами противоречивых факторов. С одной стороны, сырьевые ресурсы Севера в обозримой перспективе будут являться основным источником экономического развития и энергетической безопасности страны, с другой – постоянно ухудшаются условия добычи полезных ископаемых и растут издержки.

На Севере в условиях флуктуации производства, снижения инвестиционной активности и отсутствия активной государственной промышленной политики в инновационной сфере меры, направленные на реструктуризацию экономики, не привели к модернизации производства на основе передовых технологий, обеспечивающих конкурентоспособность всех компонентов продукции по всей технологической цепочке ее выпуска.

В настоящее время главными причинами низкой эффективности отработки полезных ископаемых являются:

- отсутствие современных отечественных технологий глубокой переработки ресурсов;
- высокие риски удержания объемов производства на завершающих переделах, обусловленные несовершенством технологий и организации производства, отсталостью производственно-транспортной инфраструктуры, недостатком квалифицированных кадров и др.;
- несовершенство налоговых и таможенных механизмов, в основном «настроенных» на поощрение экспорта первичных, необработанных ресурсов.

Перечисленное вполне преодолимо. Так, недостаток современных технологий может быть восполнен их импортом. Риски удержания «длинных» технологических цепочек, которые присущи промышленности Севера, могут быть существенно снижены при целенаправленной последовательной промышленной политике.

Ресурсно-экспортно-ориентированной модели свойственны те же недостатки, что и экспортно-ориентированной, в том числе:

- импорт капиталоемких товаров для производства экспортируемых природных ресурсов;
- примитивизация структуры собственной промышленности;
- отток людских и финансовых ресурсов из обрабатывающей промышленности и ослабление ее конкурентоспособности;
- уменьшение уровня накопления знаний, стагнация в обрабатывающей промышленности («голландская болезнь») и ее отставание от мирового уровня;
- необходимость импортировать инновационные технологии.

Так, несмотря на общие положительные результаты развития нефтяной и газовой промышленности, в ее работе сформировались проблемные ситуации и негативные тенденции, в частности степень извлечения запасов нефти, которая на Севере является одной из самых низких в мире. Накопленный в отечественной и мировой практике научно-технический потенциал современных методов увеличения нефтеотдачи в настоящее время не востребован. В силу сложившихся экономических условий на Севере превалирует

интенсификация выборочной обработки активных запасов. Продолжение такой практики неизбежно приведет к кризису нефтедобычи.

При определении сценария инновационного развития экономики Севера придется столкнуться с тремя главными вызовами: макроэкономическим, сырьевым и социально-демографическим [7]. Они должны быть учтены при совершенствовании государственной промышленной политики.

Спад инвестиционной активности в последнее десятилетие негативно повлиял на обновление производственного потенциала предприятий сырьевого комплекса, в том числе горнопромышленного. Средний возраст основных производственных фондов составляет более 20 лет, а их технологический уровень отстает от развитых стран на несколько поколений. Степень износа основных фондов составляет в настоящее время более 70% и продолжает расти.

Особенность сценариев инновационного развития промышленности состоит в том, что регионам Севера предстоит одновременно решать задачи догоняющего и опережающего развития. В рамках сложившейся структуры экономики имеет место исчерпание возможностей быстрого развития. Структура производства изменилась. В отличие от успешно развивающихся стран, наращивающих производство товаров с высокой добавленной стоимостью, на Севере и в России в целом увеличение ВРП и ВВП обеспечивается, главным образом, экспортом энергоносителей и металлов [8]. При этом ускоренный рост конкурирующего импорта все в большей степени становится фактором, ограничивающим внутреннее производство. На Севере, на фоне интенсивного научно-технологического развития передовых стран и распространения шестого технологического уклада, имеет место деградация промышленного потенциала, сопровождающаяся снижением доли четвертого и особенно пятого технологических укладов.

Анализ факторов, влияющих на формирование и функционирование инновационной сферы, указывает на направления, в которых должна проявляться инициатива государства по поддержке инноваций, и необходимость разработки системы критериев оценки инновационной деятельности.

По мере перехода стран-лидеров на следующие технологические уклады и внедрения производственных инновационных технологий в развивающихся странах, осуществляющих индустриализацию, перспективные возможности для развития промышленности Севера еще сильнее уменьшаются.

Следует ожидать существенного роста капиталоемкости добычи и переработки сырья и, прежде всего, полезных ископаемых, что, в свою очередь, снижает рентабельность и инвестиционную привлекательность инновационных проектов.

Большое значение для устойчивого развития экономики регионов Севера имеет восполнение запасов минерального сырья. Процесс воспроизводства минерально-сырьевой базы на большинстве предприятий ГПК нарушен. В отличие от мировых тенденций, происходит сокращение разведанных запасов. Даже сократившиеся за эти годы объемы добычи не компенсируются приростом запасов. Объемы геолого-разведочных работ не возмещают отработки запасов действующими предприятиями. В ближайшей перспективе это может создать угрозу энергетической и экономической безопасности России.

Регионы Севера минерально-сырьевой направленности, имея очевидные конкурентные преимущества, состоящие не только в природных богатствах и многоотраслевой промышленности, но и в научно-техническом потенциале и квалифицированных кадрах, располагают научной базой и ежегодно должны производить наукоемкую продукцию. Однако число предприятий, осуществляющих инновации, не превышает 8%. Сложившаяся ситуация требует активных государственных действий, направленных на совершенствование государственной инновационной промышленной политики.

Происходит ухудшение качества человеческого капитала как в количественном (из-за демографических проблем), так и в качественном (из-за дефицита квалифицированных специалистов) отношении. Несмотря на принимаемые правительством меры по повышению рождаемости и снижению смертности, в ближайшие годы можно ожидать дальнейшего развития негативных демографических тенденций на Севере, включая общий уровень конечных потребностей (в связи с изменением численности) и иную демографическую нагрузку на трудоспособное население, связанную с изменением его структуры. Социально-демографические факторы негативно влияют на инновационное промышленное развитие, так как уменьшается доля населения в активном возрасте, являющегося основным производителем и потребителем инноваций. Миграционные процессы также оказывают негативное влияние: регионы покидают квалифицированные специалисты и образованные молодые люди.

В современных условиях минерально-сырьевой сектор экономики (прежде всего, нефтегазовая промышленность) перестал быть «простым» в технологическом отношении. Добыча сырьевых ресурсов осуществляется с использованием постоянно усложняющихся технологий. Поэтому можно с полной

уверенностью утверждать, что с каждым годом нефть, газ и другие сырьевые продукты становятся во все более наукоемкими продуктами.

Новейшие проекты в освоении шельфовых месторождений северных морей представляют собой технологические прорывы по многим направлениям. Активно развивается применение подводных систем разработки, которое ориентировано на освоение глубоководных проектов. Одним из ярких примеров может служить обустройство норвежского газового месторождения Ormen Lange в Северном море на глубине порядка 1 км. Применение подводных добычных комплексов позволяет уже на начальных стадиях избежать необходимости строительства стационарных или плавучих гидротехнических сооружений. Новым направлением в области применения подводных технологий добычи может стать освоение прибрежных месторождений газа, расположенных на относительно небольших глубинах в условиях замерзающих акваторий.

Аналогичные технологии применяются при разработке первого в норвежском секторе Баренцева моря месторождения Snohvit. При этом предусматривается транспортировка многофазного потока добываемой продукции на расстояние 143 км до острова Мелкая, что представляет собой мировой рекорд трубопроводной доставки непереработанного сырья в условиях низких температур. Углекислый газ, удаляемый из скважинной продукции на берегу, будет доставляться обратно на месторождение и закачиваться в пласт для последующего хранения. Таким образом, Snohvit станет вторым по величине проектом в мире по обратной закачке газа в пласт.

К числу важнейших предпосылок формирования в России промышленных кластеров следует отнести определенный уровень производственной кооперации, который складывается между предприятиями, представляющими различные направления, виды и сегменты бизнеса.

Следует особо подчеркнуть, что вслед за образованием территориальных кластеров появятся экономические предпосылки для перехода от политики выравнивания социально-экономического развития территорий к политике поляризованного развития, определению и поддержке регионов-«локомотивов роста». Через такой ускоренный рост отдельных регионов прошли практически все страны, пережившие экономический и социальный подъем. Из их опыта следует, что концентрация усилий в рамках отдельных регионов позволяет получить эффект масштаба и эффект агломерации, которые создают в «полосах» («локомотивах») роста силы саморазвития, а правильный выбор данных полюсов в стране обеспечивает со временем подъем окружающих регионов.

Кластерная политика региональной власти на Севере призвана нейтрализовать издержки узкого корпоративного подхода, опасного для целей устойчивого развития северных регионов России. Власть может использовать инструменты прямого участия в кластерных инициативах для модернизации старых или формирования новых кластеров в северных регионах. Другой путь – косвенная поддержка участников кластерных инициатив, формирование атмосферы кооперации и конкуренции в интересах динамичного инновационного перерождения индустриального комплекса в постиндустриальный кластер. При корпоративной структуре чаще применяются косвенные инструменты государственного регулирования и поддержки. При дисперсной структуре без явного лидера, когда кластер формирует множество малых и средних предприятий, роль власти в кластерной политике может быть более активной, с прямым вовлечением в процесс.

Можно выделить четыре группы задач, стоящих перед властями северных регионов в сфере кластерной политики: координационная, институциональная, инфраструктурная, кадровая [9].

Органам государственной власти субъектов Российской Федерации, полностью или частично отнесенных к северным районам, рекомендуется:

- провести анализ конкурентоспособности продукции, выпускаемой предприятиями региона и на этой основе определить точки экономического роста, которые могли бы стать основой для создания кластеров;
- способствовать консолидации участников кластерных инициатив, реализации программ содействия выходу предприятий кластера на межрегиональные и внешние рынки, проведению совместных маркетинговых исследований и рекламных мероприятий, кооперации предприятий и региональных научных и образовательных учреждений;
- принять меры, направленные на формирование институциональной среды и информационно-коммуникационной инфраструктуры для развития территориальных промышленных кластеров, обмена опытом по их созданию и деятельности;
- принять региональные программы содействия формированию и функционированию кластерных образований, обратив особое внимание на концентрацию усилий государства, местного самоуправления и бизнеса в вопросах создания в местах расположения кластеров развитой социальной и инженерной

инфраструктуры и приоритетного внимания к решению социальных проблем населения, а также на привлечение к процессу промышленной кооперации предприятий и организаций малого и среднего бизнеса, объединений коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Существенной задачей органов государственной власти субъектов Российской Федерации является оказание информационных и консультационных услуг предприятиям-резидентам региональных кластеров.

При необходимости власть способствует привлечению в региональный кластер участников, находящихся в других регионах и странах. Если кластер вырастает на границах двух соседних регионов, органы государственной власти обеспечивают межрегиональную координацию для решения важнейших вопросов развития кластера.

Осуществление данной задачи предполагает широкое партнерство региональной власти с федеральной и муниципальной властью, бизнес-сообществом, некоммерческими организациями, структурами коренных малочисленных народов Севера, природоохранными организациями и др. Успех в ее решении означает минимизацию социальных, экологических, этнических издержек от кластера, обеспечение бесконфликтного (кооперативного) ресурсного менеджмента, сплочение местного сообщества для совместной работы по укреплению конкурентных преимуществ местных кластеров.

В регионах Севера использование кластерных технологий будет способствовать:

- возникновению эффективных механизмов взаимодействия государства и бизнеса;
- усилению действия мультипликативного эффекта, заключающегося в положительном воздействии кластера на конкурентную среду;
- интеграции регионов в глобальную хозяйственную систему;
- увеличению независимости регионов от экономической ситуации за их границами;
- стимулированию развития малого и среднего предпринимательства;
- росту числа фирм вокруг кластера и, как следствие, увеличению занятости, уровня заработной платы, отчислений в бюджеты разных уровней;
- появлению экономических предпосылок для перехода от политики выравнивания социально-экономического развития территорий к политике поддержки регионов-«локомотивов роста».

Анализ формирующихся к настоящему времени кластеров в регионах Севера позволяет выделить несколько ведущих секторов, которые, как представляется, в ближайшей перспективе получат наиболее интенсивное развитие:

- топливно-энергетический сектор;
- лесопромышленный комплекс;
- логистика;
- экология и туризм;
- биотехнологии;
- аграрно-промышленный комплекс.

Несмотря на то, что полноценных кластеров в северных регионах России до настоящего времени не создано, можно говорить о высоком потенциале формирующихся в ряде секторов экономики кластерных инициатив, эффективное развитие которых будет определять появление новых производств и поставщиков услуг, способных конкурировать с ведущими глобальными «игроками».

ЛИТЕРАТУРА

1. Chesbrough H., Vanhaverbeke W., West J. Open innovation: Researching a new paradigm. Oxford University Press, 2006.
2. Цукерман В.А. Концептуальные основы формирования региональных инновационных систем в северных регионах // Горн. информ.-аналит. бюлл. 2008. № 7. С. 178-185.
3. Глазьев С.Ю. Возможности и ограничения социально-экономического развития России в условиях структурных изменений в мировой экономике: науч. доклад. М.: Изд-во ГУУ, 2008. 91 с.
4. Север: наука и перспективы инновационного развития / под ред. В.Н. Лаженцева. Сыктывкар: Изд-во Коми науч. центра УрО РАН, 2006. 400 с.
5. Цукерман В.А. Формирование региональной промышленно-инновационной политики: принципы и концепция отбора проектов // Проблемы Севера: науч.-аналит. докл. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 37-42.
6. Киммельман С. Сырьевая экономика России: правда и вымыслы. Режим доступа: <http://viperson.ru/wind.php?ID=580973&soch=1>
7. Белоусов Д.Р., Сальников В.А., Апокин А.Ю., Фролов И.Э. Направления технологической модернизации ведущих отраслей российской промышленности // Проблемы прогнозирования. 2008. № 6. С. 3-18.
8. Цукерман В.А., Березиков С.А. Технологическое развитие экономики регионов Севера в контексте перехода к устойчивому развитию (на примере Мурманской области). // Вестник Костромского гос. ун-та им. Н.А. Некрасова. 2006. № 4. С. 46-50.
9. Николаева А.Б., Селин В.С. Проблемы и перспективы формирования особых экономических зон в российской Арктике. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. 147 с.

Сведения об авторах

Селин Владимир Степанович – д.э.н., профессор, главный научный сотрудник, e-mail: selin1@iep.kolasc.net.ru
Цукерман Вячеслав Александрович – к.т.н., зав. отделом, e-mail: tsukerman@iep.kolasc.net.ru

РЕСУРСЫ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИОРИТЕТЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В.А. Минин

Центр физико-технических проблем энергетики Севера

Аннотация

Изучен потенциал солнечной, ветровой энергии, гидроэнергии малых рек, энергии морских приливов и волн региона. Оценены запасы торфа и биоэнергетических ресурсов. Определены потенциальные и технические ресурсы перечисленных источников энергии, выявлены их достоинства и недостатки, предпосылки утилизации. Показаны приоритеты их возможного практического использования для различных категорий потребителей.

Ключевые слова:

Мурманская область, энергетические ресурсы, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

В последние годы во всем мире ведутся исследования, направленные на поиск и вовлечение в топливно-энергетический баланс новых источников энергии. Особый интерес проявляется к нетрадиционным возобновляемым источникам энергии (НВИЭ), таким как энергия солнца, ветра, гидроэнергия малых рек, приливная энергия и др. Потенциальные возможности применения этих источников огромны.

В России также не сбрасываются со счетов возможности использования НВИЭ [1-5]. Вовлечение их в хозяйственный оборот – это путь к сокращению объемов использования органического топлива, энергосбережению и улучшению экологической обстановки вблизи потребителей энергии.

Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии наиболее перспективно в районах, располагающих повышенным потенциалом этих источников и испытывающих недостаток в обычных традиционных топливных ресурсах. На Европейском Севере России к числу таковых относится Мурманская область, энергетика которой, наряду с использованием местных гидроресурсов, в значительной мере базируется на привозном топливе (ядерном горючем, угле, нефтепродуктах, сжиженном газе). В то же время область располагает широким набором возобновляемых источников.

Солнечная энергия

Согласно результатам наблюдений на актинометрических станциях [6] приход суммарной солнечной радиации в ясные дни на Кольском п-ове составляет 4600-4900 МДж/м². Сильная облачность, характерная для региона в целом, снижает поступление прямой солнечной радиации на 60-75%, но увеличивает рассеянную радиацию более чем в полтора раза. В результате при реальных условиях облачности годовой приход суммарной радиации составляет около 2800 – 3600 МДж/м², или 650 – 850 кВт·ч/м² (рис. 1). В целом за год приполярные районы Кольского п-ова уступают по суммарной солнечной радиации районам средней полосы и юга страны соответственно в 1.3 и 1.7 раза.

Мурманская область почти полностью расположена за полярным кругом, поэтому месячное число часов солнечного сияния изменяется в течение года в широких пределах – от 0 часов в декабре до 200-300 ч в июне и июле. Годовая продолжительность солнечного сияния составляет около 1200 ч на севере области и 1600 ч в ее южных районах.

Валовые (потенциальные) ресурсы солнечной энергии, поступающей за год на территорию Мурманской области, составляют около $1.1 \cdot 10^{14}$ кВт·ч. С одной стороны, это огромные ресурсы, а с другой – будучи рассредоточенными по обширной территории области, они имеют малую плотность. Для практического использования солнечной энергии даже в южных солнечных районах страны требуются большие капиталовложения. Удельная стоимость солнечных энергетических установок на мировом рынке достигает 7-10 тыс. долл./кВт. Это значительно выше аналогичного показателя, например, ветроэнергетических установок (1-2 тыс. долл./кВт). Себестоимость электроэнергии, производимой солнечными установками, оказывается довольно высокой. Возможно, в перспективе, по мере усовершенствования и удешевления, солнечные энергетические установки могут стать конкурентоспособными. Пока же в Мурманской области они могут найти ограниченное применение лишь в особых случаях.

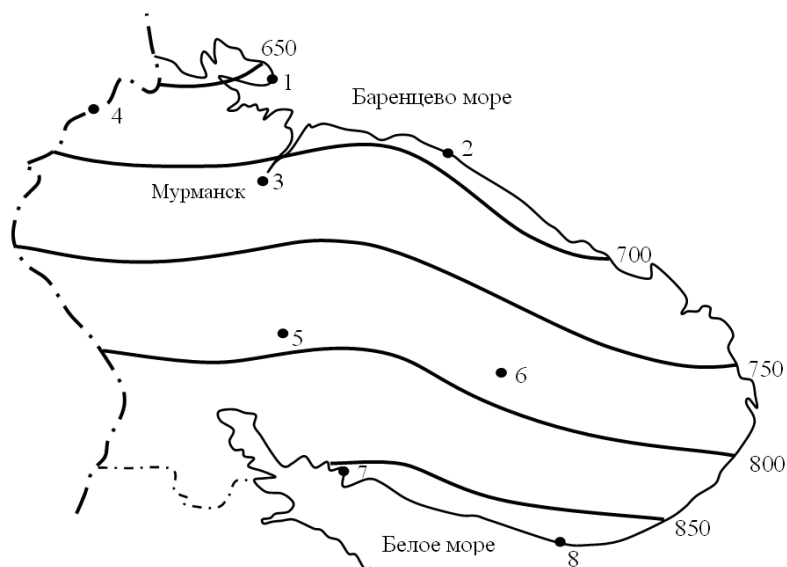


Рис. 1. Годовой приход солнечной радиации на территорию Мурманской области ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$):
 1 – Цып-Наволок; 2 – Дальние Зеленцы; 3 – Мурманск; 4 – Янискоски; 5 – Хибиньы;
 6 – Краснощелье; 7 – Умба; 8 – Чаваньга

Энергия ветра

Результаты обработки 20-летних рядов наблюдений за скоростью ветра по 37 метеорологическим станциям Кольского п-ова показали [7-8], что наибольшие скорости ветра наблюдаются в прибрежных районах Баренцева моря (рис. 2). На северном побережье они составляют 7-8 м/с (на высоте 10 м), на Терском берегу несколько ниже – 5-7 м/с. По мере удаления от береговой линии интенсивность ветра заметно снижается.

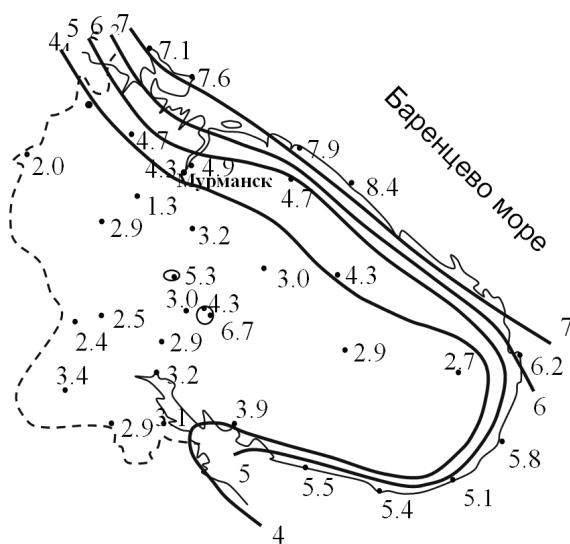


Рис. 2. Средние многолетние скорости ветра (м/с) на высоте 10 м от поверхности Земли в условиях открытой ровной местности

Исследованиями установлено, что на Кольском п-ове имеет место зимний максимум скоростей ветра (рис. 3). Это является благоприятной предпосылкой для эффективного использования энергии ветра. Максимум скоростей ветра приходится на холодное время года и совпадает с сезонным пиком потребления тепловой и электрической энергии. Весьма существенно, что зимний максимум находится в противофазе с

годовым стоком рек (рис. 3, гистограмма 5). Ветровая и гидроэнергия удачно дополняют друг друга, и это создает благоприятные условия для их совместного использования.

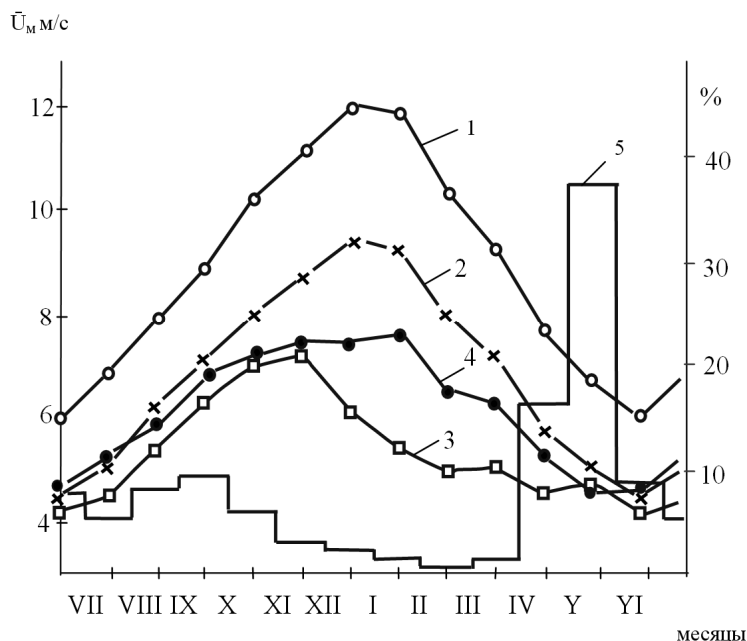


Рис. 3. Годовой ход среднемесячных скоростей ветра на островах (1) и побережье (2) Баренцева моря, на побережье Белого моря (3), в Хибинах (4) и гидрограф рек (5): 1 – метеостанция о. Харлов; 2 – Дальние Зеленцы; 3 – Чаваньга; 4 – Центральная (горы Хибины)

Применительно к Кольскому п-ову можно говорить о районах с преобладающими (господствующими) направлениями ветра. К их числу относится северное побережье п-ова, где около 50-60% годового времени дуют юго-западные ветры. Эти направления ветра являются одновременно наиболее сильными и энергонасыщенными [1, 3]. Учет этого фактора может позволить более рационально размещать ветроэнергетические установки (ВЭУ) на местности, выигрывая на стоимости сооружения коммуникаций (подъездных путей, кабельных линий и т. д.).

Кольский п-ов располагает огромными ветроэнергетическими ресурсами (табл. 1). Если ветроустановки располагать на местности на расстоянии 10 диаметров ветроколеса друг от друга, то суммарная установленная мощность ВЭУ составит около 120 млн кВт, а годовая выработка электроэнергии (технические ветроэнергоресурсы) – около 360 млрд кВт·ч.

Таблица 1

Ресурсы ветра Кольского п-ова в приземном слое высотой 100 м [7]

Характеристика	Зоны				Всего
	1	2	3	4	
Среднегодовая скорость ветра, м/с:					
на высоте 10 м	7.5	6.5	5.5	4.5	
на высоте 70 м	9.6	8.6	7.5	6.5	
Удельная энергия ветра, МВт·ч/м ² в год	10.7	7.8	5.2	3.4	
Среднегодовая удельная мощность ветра, кВт/м ²	1.22	0.89	0.59	0.39	
Расчетная скорость ветра, м/с	15.7	13.8	11.6	11.0	
Мощность ВЭУ на 1 км ² территории, МВт	7.2	4.9	2.9	1.9	
Выработка, млн кВт·ч/км ² год	21.6	14.7	8.7	5.7	
Использования установленной мощности, ч/год	3000	3000	3000	3000	
Площадь зоны, тыс. км ²	3.5	5.9	9.4	20.7	39.5
Мощность ВЭУ в зоне, тыс. МВт	25	29	27	39	120
Технические ресурсы ветра, млрд кВт·ч	75	57	81	117	360

Представленная оценка свидетельствует о том, что ресурсы ветровой энергии региона на порядок превосходят его потребности в электроэнергии на сегодняшний день. Использование наиболее доступной и выгодной части этих ресурсов и вовлечение их в хозяйственный оборот – задача, безусловно, заслуживающая внимания.

Гидроэнергия малых рек

Потенциальные гидроэнергоресурсы малых рек Мурманской области (рис. 4) составляют около 790 МВт среднегодовой мощности и 6.9 млрд кВт·ч среднегодовой энергии, а технические – соответственно 516 МВт и 4.4 млрд кВт·ч/год (табл. 2). В число рассмотренных рек не вошли мелкие реки и ручьи, которых в области насчитывается многие сотни и которые могут найти применение лишь для микроГЭС.

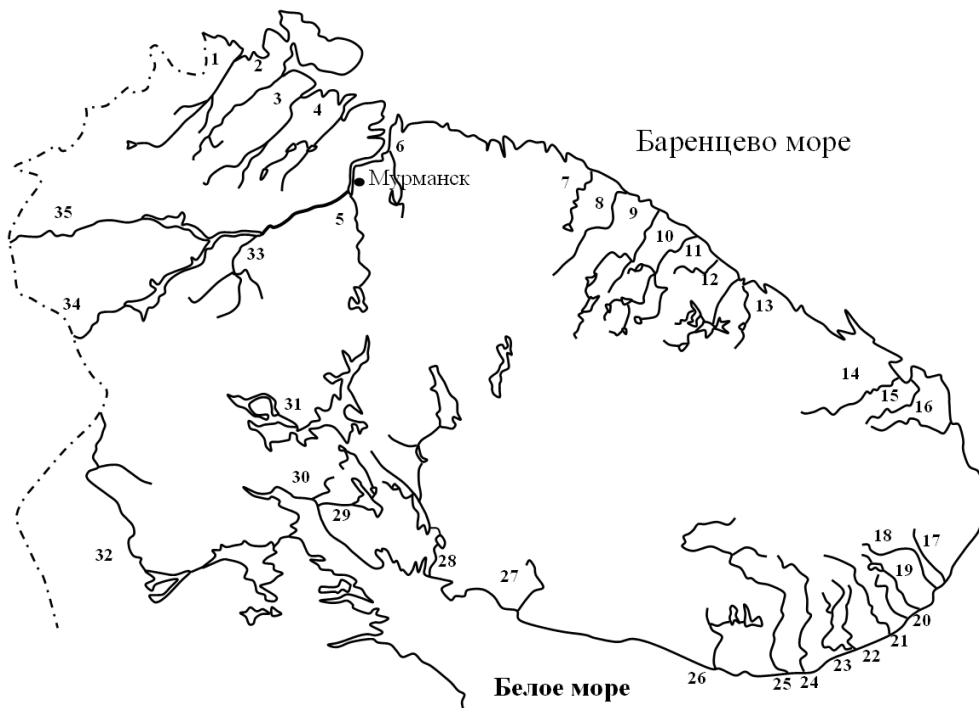


Рис. 4. Малые реки Мурманской области (наименование рек – в табл. 2)

Таблица 2

Гидроэнергетические ресурсы малых рек Мурманской области

Бассейн реки	Площадь водосбора, км ²	Ресурсы, млн кВт·ч	
		потенциальные	технические
1	2	3	4
1. Пченга	1830	149	97
2. Титовка	1226	187	122
3. Зап.Лица	1688	228	149
4. Ура	1030	142	93
5. Кола	3836	302	196
6. Средняя	567	91	59
7. Оленка	491	88	57
8. Рында	1018	219	143
9. Харловка	2016	394	257
10. Вост. Лица	1872	423	276
11. Сидоровка	335	59	38
12. Варзина	1456	288	91
13. Дроздовка	468	81	53
14. Лумбовка	1039	193	126
15. Каменка	483	69	45
16. Качковка	843	115	75
17. Снежница	236	47	31
18. Сосновка	582	96	63

1	2	3	4
19. Бабья	348	61	40
20. Лиходеевка	308	68	44
21. Пулонга	734	114	74
22. Усть-Пялка	253	43	28
23. Пялица	946	151	100
24. Чапома	1107	175	114
25. Стрельна	2773	333	217
26. Чаваньга	1212	158	142
27. Оленица	403	34	22
28. Умба	6248	740	481
29. Колвица Б.	1310	96	63
30. Лувеньга	202	24	16
31. Пиренга	4236	138	90
32. Тумча	4455	469	305
33. Печа	1658	133	86
34. Нота	3400	102	66
35. Лотта	4720	83	54
36. Проч. реки	1810	820	530
Всего		6913	4443

Энергия морских приливов

Важной особенностью приливной энергии является неизменность ее среднемесячного значения в годовом и многолетнем разрезе. Благодаря этому качеству приливная энергия, несмотря на прерывистость в суточном цикле, представляет собой довольно мощный энергетический источник, который может быть использован при объединении его с речными гидроэлектростанциями, имеющими водохранилища. При таком объединении пульсирующие прерывистые, но неизменно гарантированные потоки приливной энергии, зарегулированные энергией речных ГЭС, способны участвовать в покрытии графика электрической нагрузки.

Рекогносцировка побережья Баренцева и Белого морей с целью выявления створов для строительства приливных электростанций была выполнена Л.Б. Бернштейном в 1938-1941 гг. Уже тогда были намечены створы возможного размещения ПЭС на побережье Кольского п-ва. Ввиду относительно небольшой величины прилива на побережье Кольского п-ова (2-3 м) и ограниченности акваторий, которые можно отсечь плотиной, сооружение экономически эффективных ПЭС возможно далеко не повсеместно. Действующая опытная Кислогубская ПЭС мощностью 400 кВт построена в створе губы Кислой западнее Мурманска. Особого внимания заслуживает Лумбовский залив на крайнем северо-востоке Кольского п-ова, где средняя величина прилива составляет 4.2 м, а возможная для отсечения акватория залива достигает 70-90 км². Различные варианты использования залива позволяют построить здесь ПЭС мощностью до 670 МВт с годовой выработкой около 2000 МВт·ч/год. В качестве промежуточного этапа на пути к сооружению Лумбовской ПЭС предлагается строительство опытно-промышленной ПЭС в губе Долгой (в 6 км западнее Териберки). Эта ПЭС рассматривается специалистами также как прототип крупных Мезенской ПЭС в Архангельской области и Тугурской ПЭС в Охотском море на Дальнем Востоке.

Энергия морских волн

Волновая энергия обладает более высокой, по сравнению с ветром и солнцем, плотностью энергии. Морские волны накапливают в себе энергию ветра на значительном пространстве и являются, таким образом, природным концентратом энергии. Достоинством этого возобновляемого источника является доступность морских волн широкому кругу прибрежных потребителей, недостатком – нестабильность во времени, зависимость от ледовой обстановки, а также сложность преобразования и передачи энергии от волновых энергетических установок на берег потребителю.

Баренцево море, омывающее побережье Кольского п-ова, прилегает к крайней северо-восточной части Атлантического океана. Среднегодовой потенциал волновой энергии здесь составляет 25-30 кВт на 1 м гребня волны. Потенциал волновой энергии Белого моря значительно ниже – 9-10 кВт/м.

Учитывая суровость природно-климатических условий Заполярья (низкие температуры воздуха, явления оледенения, короткий световой день и т.д.) использование волновой энергии здесь представляется проблематичным.

Запасы торфа

Запасы торфа-сырца Мурманской области, изученные в 1960-е годы Ленинградским отделением проектно-изыскательского института “Гипроторфразведка”, оцениваются в 26.1 млрд м³ или 3.1 млрд т воздушно-сухого торфа. Это 1.2 млрд тонн условного топлива (т у.т.). Крупные месторождения торфа (площадью от 1000 га и выше) в основном сосредоточены в Терском и Ловозерском районах Мурманской области. Отличительной чертой торфяных месторождений является отсутствие крупных монолитных массивов, а также незначительная средняя глубина залежи – около 1.4 м. В связи с этим коэффициент полезного извлечения торфа может составить всего 0.2-0.3. С учетом этого прогнозные технические ресурсы торфа Мурманской области оцениваются примерно в 300 млн т у.т.

Торф обладает как положительными, так и отрицательными качествами. В числе первых – более низкое, чем в мазуте и угле содержание серы, и поэтому использование торфа оказывает меньшее негативное воздействие на окружающую среду. К числу недостатков торфа относятся низкая теплотворная способность и ее зависимость от влажности, низкий удельный вес, ограничивающий экономически оправданную дальность перевозки, а также высокая пожароопасность и зависимость заготовки от климатических условий. В совокупности эти факторы сдерживают использование торфа в Мурманской области в настоящее время.

Биоэнергетические ресурсы

К их числу относятся отходы животноводства и птицеводства, а также отходы лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности.

Отходы животноводства и птицеводства представляют собой ценное органическое удобрение, содержащее необходимые для растений питательные вещества (азот, фосфор, калий, микроэлементы). С другой стороны, они могут рассматриваться в качестве сырья для получения биогаза, который может использоваться в энергетических целях. Получаемый в процессе сбраживания газ на 60-80% состоит из метана, 20-25% – углекислого газа, а также некоторого количества сероводорода, аммиака, окислов азота. Посредством относительно простых операций биогаз можно очистить до качества природного газа. В такой очищенной форме его можно закачивать в баллоны и применять в двигателях внутреннего сгорания для получения электрической и тепловой энергии. Теплотворная способность биогаза составляет 5-6 тыс. ккал/м³.

Поголовье скота и птицы в Мурманской области в 2008 г. составляло (тыс. голов): крупный рогатый скот – 8.6, свиньи – 45.8, птицы – 935 [9]. Это поголовье позволяет ежегодно получать 27 млн м³ биогаза или 18.2 тыс. тонн условного топлива (т у.т.). Поскольку 25-50% получаемого биогаза расходуется на компенсацию теплотерь и подогрев исходного материала, товарный выход биогаза составит 14- 20 млн м³ или 9-14 тыс. т у.т. При коэффициенте полезного использования биогаза 0.7 его технические ресурсы составят 7-10 тыс. т у.т., или 60-80 млн кВт·ч/год.

Отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности в Мурманской области используются в незначительных объемах. Но в последние годы к ним стал проявляться растущий интерес. Это объясняется возросшими ценами на традиционные виды органического топлива (уголь, нефтепродукты и газ) и ужесточением требований к охране окружающей среды.

Объемы древесных отходов в Мурманской области сравнительно невелики. По данным Мурманской области [10], в 2008 г. в области было заготовлено и вывезено 56 тыс. плотных м³ (пл. м³) древесины, в том числе деловой 52 тыс. пл. м³. Около 40% этой древесины после переработки на пиломатериалы ушло в отходы (технологическая щепка, кора, кусковые отходы, опилки), всего около 20 тыс. пл. м³. При удельной массе сухой ствольной древесины 0.7 т/пл. м³ и теплотворной способности 4800 ккал/кг [1] это эквивалентно 10 тыс. т у. т. Если сюда добавить отходы при лесозаготовке (сучья, ветки, пни, корни, обломки и обрезки стволов и т.д.), то суммарные отходы лесозаготовительной и лесопильной промышленности составят около 14 тыс. т у. т. в год. При коэффициенте полезного использования 0.5 технические ресурсы древесных отходов составят 7 тыс. т у.т. или 0.06 млрд кВт·ч в год.

В целом, технические ресурсы рассмотренных выше нетрадиционных и возобновляемых источников энергии Мурманской области оцениваются следующими цифрами (млрд кВт·ч):

Солнечная энергия	11000	Приливы	2.0
Ветровая энергия	360	Морские волны	1.6
Торф	12	Древесные отходы	0.06
Гидроэнергия малых рек	4.4	Сельскохозяйственные отходы	0.07

Приоритеты использования НВИЭ

Объемы практического использования возобновляемых источников зависят от ряда факторов: потенциала источника, наличия предпосылок, благоприятствующих его использованию, стоимости оборудования и т.д.

Суммарное количество солнечной энергии, которое ежегодно приходит на территорию Мурманской области, велико. Однако, поскольку область почти полностью находится за полярным кругом, потенциал солнечной энергии здесь примерно в полтора раза ниже, чем в южных районах страны. Максимум поступления солнечной энергии приходится на летнее время, тогда как максимум потребности в энергии со стороны потребителей имеет место зимой. Солнечные энергетические установки пока еще дороги, их цена с учетом оснащения аккумулялирующими устройствами необходимой емкости достигает 8-10 тыс. долл/кВт. Все это приводит к тому, что применение солнечных энергетических установок на Кольском п-ове может быть оправдано лишь в исключительных случаях.

По потенциалу ветровой энергии Мурманская область выгодно отличается от других регионов страны: на побережье Баренцева моря ветровые условия просто уникальны – это одно из самых ветреных мест на всем Европейском Севере России. Здесь аномально высок уровень среднегодовых скоростей (6-8 м/с), благоприятная повторяемость скоростей ветра, имеют место устойчивые господствующие ветра, сезонный максимум ветра совпадает с сезонным пиком энергопотребления. Перечисленные предпосылки обеспечивают экономическую эффективность применения ветроэнергетических установок на Кольском п-ове. Основными направлениями возможного использования ветровой энергии являются: работа крупных ветропарков в составе энергосистемы; участие ветроэнергетических установок в электроснабжении автономных потребителей (совместная работа дизельных электростанций и ВЭУ); участие ветроэнергетических установок в теплоснабжении потребителей (совместная работа котельных и ВЭУ); использование энергии ветра в технологиях переработки природного газа и др.

Мурманская область располагает значительными запасами гидроэнергоресурсов малых рек. Однако большинство малых рек расположено за пределами экономического радиуса их присоединения к энергосистеме. Поэтому развитие малой гидроэнергетики ограничивается сооружением всего около десяти, так называемых, системных малых ГЭС в пределах зоны, охватываемой Кольской энергосистемой, а также небольшого числа малых ГЭС в зоне децентрализованного энергоснабжения вблизи существующих населенных пунктов. К числу последних относятся прибрежные населенные пункты, расположенные недалеко от устья рек.

Ресурсы приливной энергии региона рассредоточены вдоль всей тысячекилометровой береговой линии Кольского п-ова. Использование приливов возможно далеко не повсеместно, а лишь там, где имеются подходящие акватории, позволяющие получить повышенное значение приливной волны (4-5 м и более). В этом плане заслуживает внимания Лумбовский залив на востоке Кольского п-ова, где может быть построена приливная электростанция мощностью в несколько сотен мегаватт.

Потенциал волновой энергии на северном побережье Кольского п-ова составляет в среднем около 25 кВт/м фронта волны, на побережье Белого моря – около 10 кВт/м. Использование волновой энергии в заполярных условиях представляет большие трудности. В первую очередь, из-за того, что максимум морского волнения приходится на холодное время года, когда температура воздуха принимает отрицательные значения, и все металлические конструкции подвергаются оледенению. Обслуживание волновых установок по этой причине, а также из-за короткого светового дня (полярной ночи), затруднено. Сложной в техническом плане является и передача энергии от волновых установок на берег потребителю. В совокупности перечисленные факторы делают проблематичным использование энергии морских волн в Мурманской области.

Запасы торфа в регионе значительны. Но месторождения торфа в основном сосредоточены на обширных территориях Терского и Ловозерского районов, удаленных от основных потребителей топлива на 100-200 км и более. Дорожно-транспортная сеть вблизи торфяных месторождений не

развита. Нельзя не учитывать также, что средняя глубина месторождений торфа составляет всего 1.4 м (для сравнения в Карелии – 2.1 м, в Архангельской области – 2.5 м). Это затрудняет промышленную разработку запасов торфа. Наконец, продолжительность сезона для естественной сушки торфа в условиях Мурманской области очень коротка. Фактически за три летних месяца потребуется добывать и сушить годовой запас топлива. Все это отодвигает возможное освоение ресурсов торфа в Мурманской области на дальнюю перспективу.

Биоэнергетические ресурсы региона (отходы животноводства, птицеводства, лесной и деревообрабатывающей промышленности) в сумме эквивалентны примерно 15 тыс. т у.т. в год (около 0.4% от годового потребления котельно-печного топлива области). Очевидно, что эти ресурсы могут иметь лишь местное значение, в основном применительно к тем предприятиям, которые эти отходы и производят.

Представленная оценка ресурсов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии региона, анализ их достоинств и недостатков позволяет сделать следующее заключение о приоритетах их возможного практического использования.

Ресурсы солнечной энергии, энергии морских приливов и волн, ископаемые запасы торфа хоть и велики, но в ближайшей перспективе смогут найти в Мурманской области ограниченное применение, главным образом из-за неблагоприятных природно-климатических условий.

В отличие от этого ресурсы ветровой энергии и гидроэнергии малых рек располагают очевидными предпосылками для их широкого использования. В связи с этим решение вопросов их практического освоения заслуживает самого пристального внимания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безруких П.П., Борисов Г.А., Виссарионов В.И. и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб.: Наука, 2002. 314 с. 2. Зубарев В.В., Минин В.А., Степанов И.Р. Использование энергии ветра в районах Севера. Л.: Наука, 1989. 208 с. 3. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы освоения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на Кольском п-ове. Мурманск: Объединение Bellona, 2007. 92 с. 4. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. М.: ГУ ИЭС Минэнерго России, 2001. 544 с. 5. Минин В.А., Бежан А.В. Перспективы использования энергии ветра для теплоснабжения потребителей Европейского Севера. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. 56 с. 6. Справочник по климату СССР. Вып. 2. Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 62 с. 7. Минин В.А., Дмитриев Г.С., Иванова Е.А., Морошкина Т.Н., Никифорова Г.В., Бежан А.В. Энергия ветра – перспективный возобновляемый энергоресурс Мурманской области: препринт. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. 73 с. 8. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы использования энергии ветра и малых ГЭС в удаленных районах Мурманской области. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. 97 с. 9. Регионы Северо-Западного федерального округа. Социально-экономические показатели. Сыктывкар: Комистат, 2009. 203 с. 10. Мурманская область: справочник. Мурманск: Мурманскстат, 2009. 38 с.

Сведения об авторе

Минин Валерий Андреевич – к.т.н., зам. директора института, e-mail: minin@ien.kolasc.net.ru

СОСТОЯНИЕ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА РОССИИ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

А.А. Пак

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева КНЦ РАН

Аннотация

Приведены данные Росстата о состоянии жилищного фонда Российской Федерации по динамике ввода новых жилых площадей и опережающего роста ветхого и аварийного жилья, известные конструктивно-технологические решения ограждающих конструкций зданий и результаты экспериментальных исследований по получению нового композиционного многослойного материала с улучшенными теплофизическими свойствами.

Ключевые слова:

строительство, жилищный фонд, энергосбережение, тепловые потери, технология, ограждающие конструкции, теплоизоляционные материалы, газобетон, полистирол, полистиролгазобетон.

Основываясь на итогах реализации приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» в 2006-2008 гг., по поручению Президента Российской Федерации разработана программа приоритетного национального проекта под тем же названием на 2009-2012 гг. Целью проекта является дальнейшее развитие рынка доступного жилья и обеспечение комфортных условий проживания граждан России. Основные задачи для реализации проекта:

- создание условий для увеличения объемов строительства жилья и необходимой коммунальной инфраструктуры, развитие финансово-кредитных институтов и механизмов;
- создание условий для приведения существующего жилищного фонда и коммунальной инфраструктуры в соответствие со стандартами качества, обеспечивающими комфортные условия проживания;
- обеспечение условий доступа населения к потреблению жилья, коммунальных услуг на уровне, соответствующем их платежеспособному спросу и социальным стандартам.

Планируется, что в результате реализации указанных мероприятий в период с 2009 по 2012 гг. будет построено 228 млн м² жилья, вовлечено в оборот для нужд жилищного строительства 16.8 тыс. га земель, находящихся в федеральной собственности. В Программе предусмотрены мероприятия по переселению граждан из ветхого и аварийного жилищного фонда и проведению капитального ремонта многоквартирных домов, а также модернизации объектов коммунальной инфраструктуры.

Однако, несмотря на все предпринимаемые меры, состояние жилищного фонда в нашей стране с каждым годом становится все катастрофичнее. В 2006 г. общая площадь жилищного фонда России составила около 3 млрд м², из них около трети жилищ имеют износ более 70%. На рис. 1 приведена динамика ввода нового жилья и роста ветхого и аварийного жилищного фонда с 2000 по 2006 гг. По данным Росстата, объем ввода жилья в 2009 г. составил примерно 52 млн м², в 2010 г. планируется 53 млн м² (102% к 2009 г.).

В переходный к рыночной экономике период, вследствие резкого снижения финансирования расходов на капитальный ремонт и реконструкцию, состояние жилищного фонда России существенно ухудшилось. Если в 1996 г. площадь ветхого и аварийного жилья составляла 32.2 млн м², то к концу 2005 г. она возросла в 2.95 раза и составила уже 95 млн м². При этом в период с 1998 по 2001 гг. площадь ветхого и аварийного жилья в России росла опережающими темпами по сравнению с новым жилищным строительством (рис. 1).

С 2002 г. темпы роста ветхого и аварийного жилья снизились, тем не менее, и в настоящее время его объемы превышают объемы нового строительства почти в 2 раза. Поскольку средств на капитальный ремонт и реконструкцию выделяется в несколько раз меньше, чем требуется, в ближайшие годы следует ожидать ускоренного выбытия из эксплуатации старых зданий.

Одним из показателей уровня социально-экономического развития общества является обеспеченность гражданина жилой площадью. В настоящее время на одного жителя России приходится в среднем чуть более 20 м² (21.2 м²), что больше установленного социального минимума 18 м² общей площади и соответствует абсолютному минимуму общей площади жилища на человека в

странах с развитой рыночной экономикой. Во многих странах на человека приходится 40-80 м². В США средний возраст жилых зданий составляет 23 года, срок эксплуатации 46 лет, при этом в год строится до 900 млн м² жилья, или 3 м² на человека. В России в 2006 г. было построено 50.2 млн м² жилья. На рис. 2 представлены темпы жилищного строительства в 1990-2006 гг.

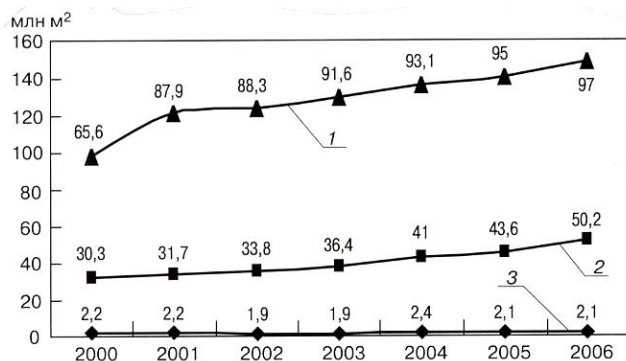


Рис. 1. Динамика роста ветхого и аварийного жилья в сравнении с динамикой ввода нового жилья по данным Росстата: 1 – ветхий и аварийный жилищный фонд; 2 – ввод в действие общей площади жилых домов; 3 – выбытие по ветхости и аварийности

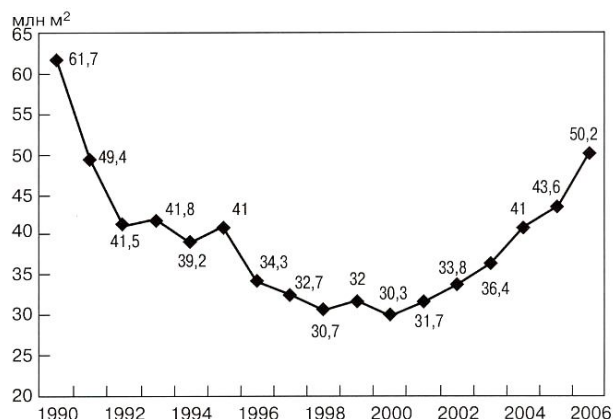


Рис. 2. Динамика жилищного строительства в России в 1990–2006 гг. по данным Росстата

Строительство дорогого (элитного) жилья мало изменяет ситуацию к лучшему у нуждающихся граждан (70%). За последние 15-20 лет значительно улучшили жилищные условия 10% состоятельных граждан, которые в среднем располагают 65 м² на человека. У большей части населения на человека по-прежнему приходится менее 15 м² общей площади жилья, а многие до сих пор живут в коммунальных квартирах или снимают жилье.

Российская Федерация, являющаяся крупнейшим государством мира, занимает 17 млн 75 тыс. 400 км² или 11.46 % (1/9) площади всей суши Земли (на втором месте Канада – 9 млн 976 тыс. км²). Территория страны в основном расположена севернее 50° с.ш. в восточной части Европы и северной части Азии. Средние температуры января, по разным регионам, колеблются от +6 до -50°С. Вечная мерзлота (районы Сибири и Дальнего Востока) занимает 65% территории России. Таким образом, размещение в основном в арктических и субарктических климатических поясах предопределяет и достаточно суровые условия проживания. И было бы нам совсем тяжело, если бы природа не наделила нас столь же богатейшими и разнообразнейшими минеральными и энергетическими ресурсами, по запасам которых наша страна также «впереди планеты всей». Однако, как это часто бывает, изобилие не способствует бережливости. Российская Федерация относится к числу основных производителей и поставщиков топливно-энергетических продуктов в мире, однако сама их расходует крайне неэкономно. Еще недавно в строительстве и эксплуатации отечественных зданий и сооружений непроизводительный расход тепла на поддержание необходимых параметров микроклимата внутри помещений считался вполне нормальным. Основными причинами такого положения являлись невысокая стоимость энергетических ресурсов в стране и, как следствие, чрезвычайно низкий контроль их расходования, отсюда – недостаточное внимание вопросам энергосбережения при нормировании, проектировании объектов строительства и повышении качества строительно-монтажных работ. Все это приводило к излишнему расходу тепловой энергии на отопление зданий. При высоком уровне энергопотребления у нас в стране на отопление расходуется около 34% производимой тепловой энергии, тогда как в западных странах эта доля составляет не более 20-22% [1]. Чрезмерные потери тепловой энергии при транспортировке по трубопроводам до потребителя (до 16% отпускаемой тепловой энергии, что в 1.5-2 раза выше, чем в передовых европейских странах), снижение температуры в жилых помещениях до 10-12°С, массовый износ теплопроизводящего и транспортирующего оборудования, неспособность населения полностью оплачивать завышенные расходы по теплоснабжению жилища привели в некоторых регионах к теплоэнергетическим кризисам и послужили основой для коренного изменения отношения к энергосбережению и теплоизоляции зданий.

До недавнего времени в России наиболее дешевыми считались многоквартирные здания в 5-9 этажей, а одно-, двухэтажные многоквартирные дома – наиболее дорогими, поскольку выполнялись из тех же тяжелых и энергоемких материалов (кирпича и железобетона). К началу 1990-х гг. в России 2/3 жилья строилось из заводских железобетонных конструкций. Созданная база индустриального домостроения общей мощностью 50 млн м² в год в настоящее время используется менее чем на 20%.

Опыт развитых стран показывает, что будущее за малоэтажной усадебной застройкой высокой плотности с максимальным соблюдением комфортности проживания и необходимым комплексом сервисного обслуживания.

С целью снижения тепловых потерь при отоплении зданий и сооружений, обеспечения необходимых санитарно-гигиенических и комфортных условий пребывания в помещениях, а также рационального использования невозобновляемых природных ресурсов в России с 01.01.2000 г. значительно ужесточены требования к тепловой защите зданий. С 01.10.2003 г. постановлением Госстроя России приняты и введены в действие новые СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», согласно которым нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций увеличены в 3-3.5 раза по сравнению с действовавшими значениями до 01.01.2000 г.

Наружные стены гражданских зданий по числу основных конструктивных слоев различаются на однослойные, двухслойные и трехслойные.

Однослойные ограждающие конструкции, выполняющие одновременно несущие и теплозащитные функции, наиболее просты в исполнении и эксплуатации. При соответствующем качестве сырьевых материалов, надлежащем выполнении строительно-монтажных работ они могут обеспечить необходимые температурно-влажностные условия в помещениях. Однако толщина однослойных стен из известных сегодня стеновых материалов, таких, как строительный кирпич, дерево, легкий и ячеистый бетоны, рассчитанная согласно новым требованиям СНиП 23-02-2003, должна быть существенно увеличена. Так, по климатическим условиям Мурманской области толщина стен из кирпича должна превышать 2,5 м, из легкого бетона плотностью 1000 кг/м³ – 1,2 м и даже из наиболее эффективного сегодня ячеистого бетона (плотностью 600÷700 кг/м³) – до 0.9 м. Теплоэффективные стены приемлемой толщины (менее 0.5 м) могут быть возведены из ячеистого бетона марок по плотности D400-500, класса по прочности при сжатии не менее В 1.5, с коэффициентом теплопроводности не более 0.1 Вт/(м °С).

Двухслойные стены состоят из несущего (конструкционного) и ненесущего (теплоизоляционного) слоев. Наиболее распространенный способ изготовления двухслойных конструкций, когда к несущему слою (бетон, кирпич) прикрепляют специальными дюбелями со стальными распорными элементами или гибкими связями из полиамида предварительно изготовленные теплоизоляционные элементы из минераловатных или пенополистирольных плит. В двухслойных стенах теплоизоляционный слой может быть расположен как с внутренней, так и с наружной стороны. Недостаток такой конструкции, когда теплоизоляционный слой устраивается из предварительно изготовленных плит, состоит в неизбежном образовании зазора между разноплотными конструктивными слоями, что приводит к накоплению влаги в зазоре и возникновению «мостиков холода» при замерзании стены.

Трехслойные ограждающие конструкции наиболее эффективны и весьма распространены в строительной практике. С середины 80-х годов прошлого столетия, в период интенсивного развития у нас в стране крупнопанельного домостроения, становятся широко известны так называемые «сэндвич-панели», изготавливаемые в заводских условиях на стационарном технологическом оборудовании. В этих панелях между несущими слоями (металл, бетон) располагается слой утеплителя (минеральная вата, пенополистирол, пенополиуретан и др.). Однако уже названные недостатки, характерные для многослойных конструкций – наличие зазора между слоями и образование «мостиков холода», соединение слоев с помощью различных гибких связей, усложняющих конструкцию и усиливающих теплотехническую неоднородность, сохранились и в «сэндвич-панелях», поскольку слои образуются из разнородных, предварительно изготовленных компонентов.

Перспективным направлением совершенствования технологии и свойств ограждающих конструкций является применение трехслойных панелей с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона и наружными слоями из конструкционного легкого бетона. Полистиролбетон, известный у нас в стране с 1960-х гг., представляет собой пенобетонную смесь с крупным заполнителем из вспененных полистирольных гранул. Отработанные технологические приемы и составы бетонных смесей позволяют получать теплоизоляционный пенополистиролбетон плотностью 200-250 кг/м³. Отличительной особенностью изготовления таких панелей является последовательная укладка в форму конструктивных бетонных слоев в едином технологическом цикле формования изделия с образованием монолитного (бесшовного)

соединения, благодаря чему исключаются «мостики холода» и отпадает необходимость установки гибких связей между конструктивными слоями. Общая толщина таких панелей (для Московской области) не превышает 400 мм [2]. Преимущества полистиролбетона видны из сравнительных характеристик различных стеновых материалов (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика различных стеновых материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Теплопотери, Вт/м ²	Толщина стены при R _{ст} = 3,15 м ² ·°С/Вт*	Масса 1 м ² стены, кг
Кирпич глиняный полнотелый	1700	0.81	54.0	2.55	4337.5
Кирпич глиняный (пустотность 20%)	1400	0.43	28.7	1.35	1896.3
Кирпич силикатный	1800	0.87	58.0	2.74	4932.9
Ячеистый бетон (автоклавный)	500	0.18	17.5	0.55	303.2
Керамзитобетон	850	0.38	26.7	1.18	1004.1
Дерево	500	0.15	33.3	0.47	236.2
ПОЛИСТИРОЛБЕТОН	500	0.13	13.3	0.30	135.0

* для Москвы и Московской области

В последние 10-15 лет все больше появляется информации о производстве и применении в строительстве бетонных и железобетонных изделий с использованием гранул вспененного полистирола. Происходит это потому, что гранулы пенополистирола обладают рядом свойств, с которыми не могут сравниться другие заполнители легких бетонов. Так, их коэффициент теплопроводности при плотности от 15 до 85 кг/м³ составляет 0.029-0.044 Вт/(м·°С), гигроскопичность не превышает 0.4% по массе, а водопоглощение – 0.5-1% по массе.

В Институте химии КНЦ РАН разработана технология композиционных многослойных стеновых и теплоизоляционных изделий из полистиролгазобетона (патенты РФ № 2259272 и 2286249). В разработанных способах для формирования наружных несущих слоев вместо виброуплотняемых бетонов используется литая газобетонная смесь. Кроме того, для создания теплоизоляционного слоя по новой технологии используется суспензионный бисерный полистирол – в невспененном или частично вспененном состоянии. В основу технологии положен механизм увеличения объема газобетонной смеси и полистирола при их разогреве. В результате химической реакции между алюминиевой пудрой и известью, содержащейся в бетонной смеси, выделяется водород, который вспучивает бетонную смесь, увеличивая ее объем в 1.5-2 раза. Максимальное газообразование и вспучивание происходят при 35-45°С (в открытых формах в течение 40-60 мин.). При более низких температурах эти процессы существенно замедляются. При температурах 85-105°С гранулы полистирола увеличиваются в объеме в 30-50 раз в течение 3-5 мин.

Наиболее распространенный метод ускорения твердения бетона – пропаривание осуществляется путем плавного подъема температуры паровоздушной среды в пропарочной камере до 85-95°С. Очевидно, что в режиме пропаривания бетонных изделий присутствуют интервалы температур, необходимые для вспучивания газобетонной смеси и вспенивания полистирола, и поэтому эти два процесса могут быть соединены в пропарочной камере: при достижении 35-45°С – вспучивание газобетонной смеси, при дальнейшем подъеме температуры до 80-95°С – вспенивание полистирола. Так как эти процессы увеличения объемов происходят в закрытой со всех сторон формовой оснастке, то контактирующие материалы прижимаются друг к другу (самопрессуются).

Таким образом, основные особенности предложенной технологии состоят в следующем:

- наружные конструктивные слои изделия образуются газобетоном плотностью 600-900 кг/м³;
- газобетонная смесь затворяется холодно неподогретой водой (для замедления вспучивания газобетонной смеси, чтобы успеть заформовать изделие);
- для образования теплоизоляционного слоя используется невспененный или частично вспененный полистирол;
- изготовление изделий производится в закрытых формах, снабженных жесткофиксируемыми крышками;

- формы с заформованными изделиями ставятся в пропарочную камеру, предварительно разогретую до 40-45°C, сразу после окончания формования, без предварительной выдержки;
- конструктивные и теплоизоляционные слои в изделии формируются во время тепловлажностной обработки, а не в процессе формования изделия или возведения стены;
- вследствие объемного расширения компонентов изделия в жесткозамкнутой формовой оснастке происходит взаимное прижатие (самопрессование) конструктивных слоев.

Новизна технологии состоит в том, что в одном технологическом процессе – тепловлажностной обработке изделий в закрытых формах методом пропаривания осуществляются 4 операции: 1) вспучивание газобетонной смеси; 2) вспенивание полистирола; 3) самопрессование конструктивных слоев; 4) ускорение твердения газобетона. Благодаря оптимальному соотношению несущих и теплоизоляционных слоев, формированию многослойного изделия монолитного сечения с бесшовным соединением конструктивных элементов, достигается существенное повышение эксплуатационных свойств композиционного материала (табл. 2).

Таблица 2

Эксплуатационные свойства ячеистого бетона, полистиролбетона и полистиролгазобетона

Наименование свойств	Ячеистый бетон		Полистиролбетон		Полистиролгазобетон	
	400	500	400	500	400	500
Средняя плотность, кг/м ³	400	500	400	500	400	500
Прочность при сжатии, МПа	1.00	1.90	1.45	2.90	2.5	2.7
Прочность при изгибе, МПа	0.52	0.96	0.60	0.70	1.30	1.84
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0.088	0.100	0.105	0.125	0.060	0.063
Марка по морозостойкости	F5	F25	F50-F75	F75-F100	F50	F75

Разработанная технология позволяет изготавливать эффективные стеновые и теплоизоляционные изделия в двухслойном и трехслойном вариантах, которые по многим эксплуатационным показателям превосходят все известные материалы: марка по прочности – М10-75, плотность – 150-800 кг/м³, теплопроводность – 0.06-0.14 Вт/м·°С, что в 1.35-1.85 меньше по сравнению с нормативными показателями для ячеистого бетона, морозостойкость – 25-75 циклов.

Особо стоит вопрос о долговечности бетона с полистиролом. Относительно полистиролбетона с равномерно распределенными гранулами вспененного полистирола доказано, что, поскольку полистирольные гранулы находятся в цементной оболочке и не подвергаются ультрафиолетовому облучению, они гарантированы от старения и пожаробезопасны [3]. В разработанной нами двухслойной конструкции из полистиролгазобетона полистирольный слой закрыт от лучевого и высокотемпературного воздействия с внешней стороны защитным слоем бетона, а с внутренней стороны – одним-двумя слоями облицовочной сухой штукатурки, либо таким же двухслойным блоком, повернутым бетонным слоем наружу (т.е. трехслойная ограждающая конструкция с наружным бетонным слоем и внутренним теплоизоляционным слоем из пенополистирола). В таком положении долговечность и пожаробезопасность двухслойных полистиролгазобетонных изделий будет обеспечена. А в трехслойных блоках внутренний пенополистирольный слой защищен наружными газобетонными слоями. В то же время различия в деформативных свойствах бетона и полимера, а также концентрация внутренних напряжений при самопрессовании слоев в жесткозамкнутой форме могут привести со временем к отслоению подпрессованных друг к другу материалов. Возможны различные технологические решения для обеспечения надежного соединения конструктивных слоев: дисперсное армирование контактного слоя бетона короткими синтетическими волокнами, применение гибких пластмассовых или базальтовых связей-стержней, полимерных отделочных сеток, клеящих составов и др. В настоящее время проводятся экспериментальные исследования по обеспечению монолитного соединения конструктивных слоев, а также повышению пожаробезопасности многослойных полистиролгазобетонных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В.М., Ляхович Л.С., Хлевчук В.В. и др. О нормативных требованиях к тепловой защите зданий // Строительные материалы. 2001. № 12. С. 2-8.
2. Гудков О.В., Ахундов А.А., Леонтьев Е.Н., Тяглова В.Н. Трехслойные керамзитобетонные панели с утепляющим слоем из пенополистиролбетона // Строительные материалы. 2004. № 11. С. 38-39.
3. Ожигбесов Ю.П., Хабибуллин К.И., Калядин Ю.А. Предложения по улучшению теплозащитных характеристик стеновых конструкций // Бетон и железобетон. 1996. № 1. С. 21-23.

Сведения об авторе

Пак Аврелий Александрович – к.т.н., старший научный сотрудник, e-mail: pak@chemy.kolasc.net.ru

УДК 620.92

ОПЫТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ АКАДЕМГОРОДКА в г. АПАТИТЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Б.В. Ефимов, В.П. Бакшеев¹, А.М. Клюкин

Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН

¹ Кольский научный центр РАН

Аннотация

Кольскому научному центру РАН принадлежат земельные участки, здания и сооружения в городах Мурманск, Апатиты и Кировск Мурманской области, а также на различных полигонах на территории области и за ее пределами, вплоть до базы на арх. Шпицберген. Каждый из этих участков имеет свои особенности в организации энергоснабжения и энергопотребления. Основная часть зданий и сооружений расположена на территории Академгородка, занимающего площадь более 40 га в г. Апатиты Мурманской области. Рассматривается важная и наиболее затратная часть проблемы повышения эффективности энергоснабжения КНЦ РАН – оптимизация госбюджетных расходов на теплоснабжение Академгородка.

Ключевые слова:

энергосбережение, энергоэффективность, теплоснабжение, теплопотребление.

Кольский научный центр Российской академии наук (КНЦ РАН) создавался в течение многих десятилетий. Основная часть зданий и сооружений расположена на территории Академгородка, занимающего площадь более 40 га в г. Апатиты Мурманской области. Кроме того, КНЦ РАН принадлежат земельные участки, здания и сооружения в городах Мурманск, Кировск Мурманской области и на различных полигонах на территории области и за ее пределами, вплоть до базы на арх. Шпицберген. Каждый из этих участков имеет свои особенности в организации энергоснабжения и энергопотребления. Поэтому проблема повышения эффективности энергоснабжения КНЦ РАН является многоплановой. Комплексный анализ этой проблемы дело будущего и он выходит за рамки настоящей записки.

Далее рассматривается важная и наиболее затратная часть этой проблемы - оптимизация госбюджетных расходов на теплоснабжение Академгородка.



Рис. 1. План г. Апатиты

На плане города, где выделена территория Академгородка КНЦ РАН (рис. 1), видно, что он занимает значительную часть общей площади г. Апатиты, сравнимую с территорией, на которой располагаются здания, предварительно отнесенные к программе «Энергоэффективный квартал». В настоящее время в Академгородке расположено более 70 теплопотребляющих объектов, из которых 46 – научного профиля, объектов социальной сферы – 9, остальные – здания и сооружения вспомогательных служб (склады, мастерские, автобаза и т.д.). До конца 1990-х гг. КНЦ РАН принадлежали 14 жилых домов, окаймляющих Академгородок со всех сторон. В целом теплопотребление КНЦ РАН составляло к началу 1990-х гг. до 10% всей энергии, поставляемой единственным в г. Апатиты мощным источником тепла – Апатитской ТЭЦ.

Эффективное использование энергоресурсов невозможно без организации надлежащего учета и контроля потребления тепловой энергии. До 1990 г. при практически неограниченном финансировании количество потребленного тепла определялось только расчетным путем, предполагалось, что все потребители тепла получают достаточное количество энергии и приточная вентиляция (составляющая примерно 30% от общей установленной мощности теплоприемников в КНЦ РАН) включена на полную мощность. При этом расчетное теплопотребление, оплаченное за счет КНЦ РАН, составило 72 тыс. Гкал (рис. 2). Часть средств в результате оплаты коммунальных услуг жильцами домов, окружающих Академгородок, возвращалась в бюджет, но их практически никто не считал.

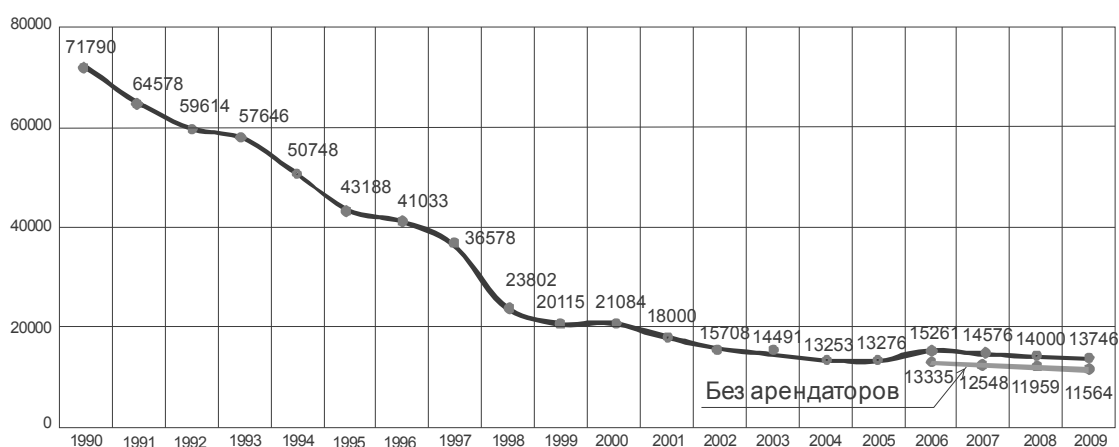


Рис. 2. Потребление теплоэнергии, оплаченной за счет бюджета КНЦ РАН, Гкал

Первая попытка навести порядок в этой системе была предпринята в 1990 г., когда на входе в Академгородок был установлен первый счетчик теплоэнергии. Счетчик работал плохо: часто выходил из строя, квалифицированного обслуживающего персонала не хватало. Ремонтные работы затягивались, и практически два отопительных сезона ушло на отладку работы счетчика. В тех экономических условиях это было вполне допустимо. Временной период, когда оплата производилась по фактическому теплопотреблению, увеличивался постепенно. Можно считать, что к концу отопительного сезона в середине 1992 г. счетчик заработал в штатном режиме.

Это совпало с началом реформ в экономике страны, и дальнейший спад в теплопотреблении во многом объясняется внешними для КНЦ факторами: резким снижением температуры воды, подаваемой Апатитской ТЭЦ и сокращением периода отопления с прежнего «конец августа – начало июня» до критически малого срока «конец октября – начало мая». Замерзал весь город и вместе с ним замерзали на рабочих местах сотрудники КНЦ РАН. Бюджетных средств на оплату коммунальных услуг выделялось крайне мало. Других доходов у КНЦ РАН практически не было. Появились долги перед теплоснабжающими организациями, поэтому в 1990-х гг. в КНЦ РАН были приняты меры по дополнительному сокращению расходов. Была полностью выключена приточная вентиляция. На входе теплопроводов во многие здания были поставлены устройства, ограничивающие подачу и без того недостаточного количества тепла. В конце 1990-х гг. все жилые дома, находившиеся на балансе КНЦ РАН, были переданы в муниципальную собственность. С учетом особенностей Академгородка, состоящего в основном из служебных помещений, дополнительно сдвигались сроки начала и конца отопительного периода и, как следствие, началось массовое применение электронагревателей, часто самодельных, не удовлетворяющих требованиям безопасности труда. При всех ненормальных явлениях в тот период можно отметить, что существенным фактором, позволившим выжить КНЦ РАН как бюджетному учреждению явился счетчик тепла на входе в Академгородок. Оплата по факту, а не по расчетной тепловой нагрузке

сделала эффективными мероприятия по экономии энергии внутри КНЦ РАН. В целом за 1990-е гг. теплотребление уменьшалось, достигнув в 2000 г. уровня примерно в 21 тыс. Гкал, при явно ненормальной обстановке на рабочих местах в течение большей части года.

Тенденция к сокращению тепла, оплачиваемого за счет бюджета КНЦ РАН, продолжилась в 2000-х гг., хотя и более низкими темпами, чем раньше. На рис. 3 приведена сглаженная часть верхней кривой рис. 2 за период с 2000 г. по настоящее время.

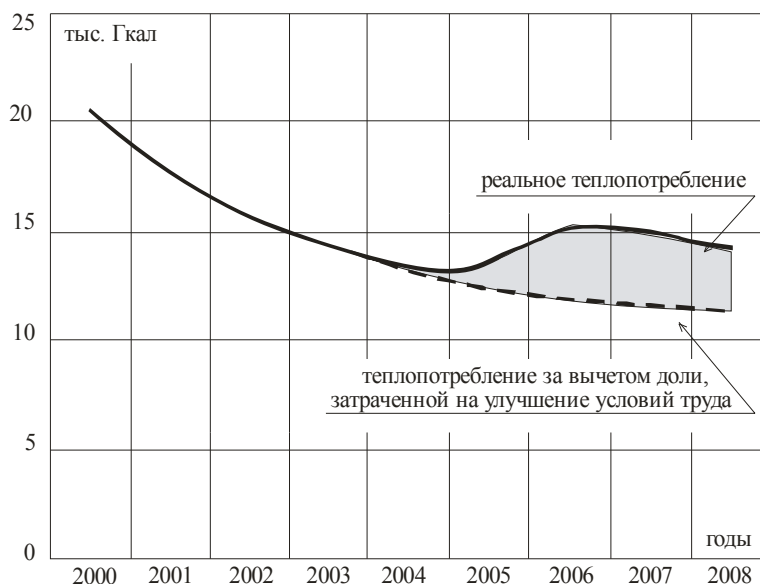


Рис. 3. Кривая теплотребления, оплаченного за счет бюджета КНЦ РАН в 2000-х гг., Гкал

С начала 2000-х гг. начались работы по развитию системы учета и контроля тепловой энергии. Этой работе способствовало изменение системы финансирования подразделений РАН по статье «Прочие расходы». В 1990-х гг. средства на оплату коммунальных услуг выделялись целевым назначением. Остатки этих средств в конце года должны были возвращаться в бюджет. В тот период это имело лишь символическое значение, поскольку всех выделенных средств постоянно не хватало. В начале 2000-х гг. ситуация изменилась. Средств для обеспечения самых минимальных потребностей оказалось достаточно. Одновременно деньги стали выделяться на всю статью «Прочие расходы» без выделения сумм на коммунальные нужды. В подразделениях РАН появилась возможность самим определять долю коммунальных расходов в этой статье. Мало того, стало возможным корректировать коммунальные расходы в середине года, то есть после подведения итогов по предыдущему отопительному периоду. Эти факты позволили впервые реально образовать некое подобие фонда энергосбережения, который, правда, нельзя накапливать и нужно истратить только в текущем году. Тем не менее, за счет этих средств (без выделения дополнительных денег из бюджета РАН) за прошедшие годы удалось сделать достаточно много. В качестве примера можно привести то, что затраты на приобретение и монтаж теплосчетчиков в 2000-х гг. составили 530 тыс. руб., из которых около половины были запланированы в начале соответствующего года, а половину составили средства, сэкономленные на теплоснабжении.

Постепенно приборами учета были оснащены отдельные наиболее «теплотребляющие» здания и кустовые узлы, на которые была разбита территория Академгородка. На сегодняшний день в штатном режиме весь отопительный период действуют 12 счетчиков, по которым ведется учет энергии для оплаты, а также счетчики для контроля за потреблением в наиболее крупных зданиях (рис. 4). Помимо этого, система трубопроводов от Апатитской ТЭЦ до непосредственного ввода в здания передана в собственность теплоснабжающих предприятий (в различные годы разных). Все потери в этой системе относятся к владельцам трубопроводов.

Счетчики снабжены современной системой записи и считывания информации. Сначала путем еженедельного обхода всех счетчиков, а последние два года автоматически (через систему GPRS) часовые показания счетчиков заносятся в компьютер, установленный в помещении механического участка отдела управления делами КНЦ РАН (рис. 5).

Следующим шагом в направлении оптимизации и автоматизации системы теплоснабжения Академгородка стала установка автоматических регулирующих клапанов, позволяющих снижать расход

теплоносителя в ночное время суток, в выходные и праздничные дни. Анализ данных работы регулирующих устройств за отопительный период 2006-2008 гг. показал, что экономия тепловой энергии по отдельным зданиям и кустовым узлам может составить от 8 до 12%. Пока клапаны автоматически регулируют подачу тепла только в суточном режиме, то есть (с учетом инерции в теплоснабжении) подача тепла снижается в 17 часов и возвращается в нормальный режим в 7 часов. Перед выходными днями уменьшение производится вручную, путем обхода всех счетчиков. В сентябре и мае при относительно высокой температуре наружного воздуха в выходные дни отопление вообще полностью выключается. Энергосберегающий режим действует в течение всех выходных дней до раннего утра понедельника или первого рабочего дня, следующего за праздниками. Считается, что при необходимости (или желании) выполнения работ в общевыходные дни гораздо эффективнее использовать местный электродогрев только в помещениях, где находятся сотрудники.

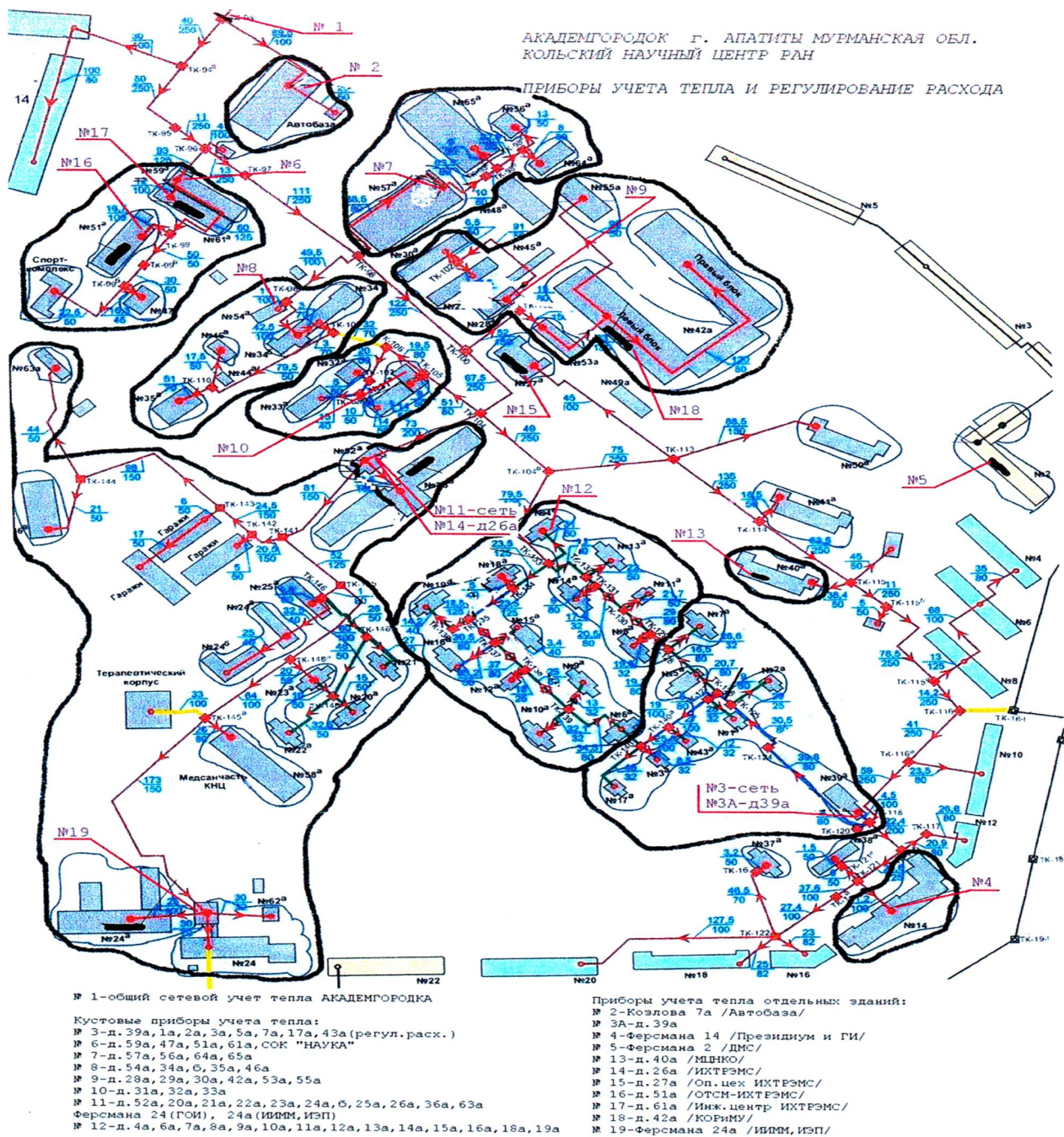


Рис. 4. Расстановка приборов учета теплоэнергии и разделение Академгородка на 12 зон коммерческого учета теплоснабжения (черные контура и счетчик № 5 – гостиница)



Рис. 5. Пункт сбора текущей информации о теплотреблении на механическом участке КНЦ РАН

поликлиникой (потребление теплоэнергии около 3 тыс. Гкал). Временно пустующие помещения сдаются в аренду с оплатой всех коммунальных услуг.

Параллельно с введением мер, направленных на энергосбережение, в середине 2000-х гг. появилась возможность возвращения нормального температурного режима на рабочих местах. Этим объясняется некоторое повышение теплотребления в 2005-2006 гг. (рис. 3). Температура во многих зданиях КНЦ была поднята до приемлемых значений, хотя различие в нагреве отдельных помещений внутри зданий до настоящего времени велико и здесь нужно решать еще много проблем. Частично в необходимых объемах включена приточная вентиляция. Теплоснабжение Академгородка стало включаться вместе со всем городом. За счет средств, выделяемых на капитальный ремонт зданий, производился ремонт крыш по современным технологиям. Замена старых рам на стеклопакеты приобрела массовый характер. Началась замена старых чугунных радиаторов на современные алюминиевые.

При этом возвращение в нормальный режим произошло на значительно более низком уровне теплотребления, чем в начале рассматриваемого периода. Это результат всех мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережения, выполненных в КНЦ РАН в течение 20 лет.

Вопрос о численной оценке эффективности теплосбережения при всей кажущейся очевидности не очень прост. Внешние и внутренние условия в начале 1990-х гг. и сейчас несопоставимы. На это накладываются климатические колебания. Можно предложить следующую оценку. В 2009 г. КНЦ РАН вместе с арендаторами заплатил примерно за 14 тыс. Гкал. Договор на теплоснабжение КНЦ содержит пункт об оплате по счетчикам, но в случае их отказа или признания показаний недействительными в договоре определена верхняя планка оплаты по современной расчетной нагрузке (включая частичную работу приточной вентиляции). Эти цифры согласованы между поставщиком и потребителем и составляют 24.5 тыс. Гкал (расчет по всей установленной мощности теплоприемников дает 36 тыс. Гкал.) Тогда эффективность всей системы учета и регулирования тепла можно считать равной примерно 40%. При этом экспертно можно оценить, что система учета дает 25-30%, а система автоматического и ручного регулирования теплоподдачи – 10-15%. Эти цифры близки к оценкам резервов, приводимых в документах центральных органов.

Подводя итоги, можно отметить, что снижение оплаты потребленной теплоэнергии достигалось за счет различных мероприятий. Основные весьма условно можно разделить на три группы.

1. Организационные мероприятия (практически без затрат):

- а. отделение жилого фонда;
- б. сокращение отопительного периода в 1990-х гг.;
- в. сдача временно не используемых помещений в аренду с оплатой арендаторами коммунальных услуг;
- г. отнесение потерь во внешней системе теплоснабжения зданий на счет теплоснабжающих организаций;
- д. выделение затрат на энергию, необходимую для выполнения работ по хозяйственным договорам;
- е. полное выключение приточной вентиляции в 1990-х гг.;
- ё. отключение части служебных зданий в начале и конце отопительного периода.

2. Организационно-технические мероприятия, лишь опосредованно влияющие на экономию производства и потребления энергии (затратные):

- а. установка счетчиков и переход от расчетного теплопотребления к фактическому;
- б. ремонт крыши;
- в. установка стеклопакетов, дверей и тамбуров;
- г. оптимизация работы приточной вентиляции;
- д. начало перехода на алюминиевые радиаторы;

3. Собственно энергосберегающие мероприятия (затратные):

- а. установка клапанов с суточным циклом регулирования;
- б. организация недельного цикла регулирования (в рабочие и выходные дни) вплоть до полного выключения систем отопления на выходные дни в сентябре и мае;
- в. отказ от центрального горячего водоснабжения и переход на местные электроводонагреватели.

Дать точную оценку затрат в рублях достаточно сложно. Естественно, они выросли многократно из-за постоянного повышения тарифов на тепло. Можно лишь отметить, что в 2009 г. стоимость 1 тыс. Гкал в г. Апатиты была близка к 1 млн руб., и, если оплату в ~12 млн руб. бюджет КНЦ РАН выдержал, то оплата затрат в 24.5 млн руб. оказалась бы для КНЦ совершенно нереальной.

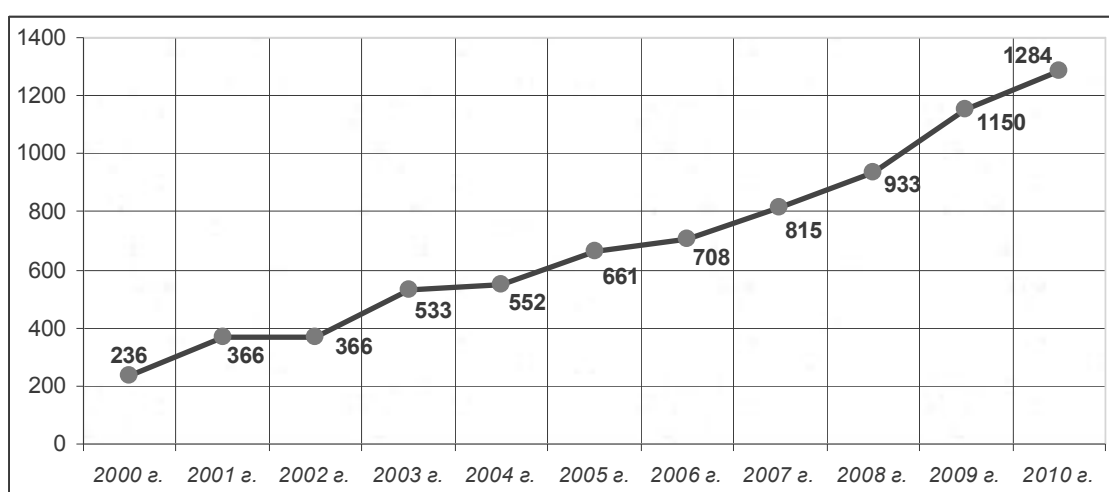


Рис. 6. Кривая тарифов на теплоэнергию, руб/Гкал

На данном этапе можно считать, что основные резервы в наведении порядка по учету потребления теплоэнергии в КНЦ РАН исчерпаны. Простейшие средства регулирования установлены, а их модернизация (кроме организации полноценного диспетчерского пункта с дистанционным регулированием теплоподдачи) принесет эффект второго порядка малости. Таким образом, работы по энергосбережению, проводимые за счет внутренних резервов и экономии на теплопотреблении в КНЦ практически завершены. Это доказывает кривая теплопотребления за последние четыре года, когда количество теплоэнергии, имея незначительную тенденцию к снижению, практически стабилизировалось на уровне с 15 до 14 тыс. Гкал вместе с арендаторами и уровне с 13 до 11.5 тыс. Гкал собственно подразделениями КНЦ РАН (рис. 6).

На сегодняшний день основные резервы остались в модернизации внешней системы теплоснабжения и проведении энергосберегающих работ в зданиях. Это очень дорогостоящие мероприятия, которые за счет средств, полученных только от энергосбережения, провести невозможно. Нужны дополнительные целевые средства. Для их получения необходим энергоаудит Академгородка, проведенный авторитетной организацией, что тоже требует дополнительных затрат. Работа по получению средств проводится руководством КНЦ РАН в 2010 г.

Важно, чтобы и в дальнейшем энергосбережение в КНЦ РАН, с одной стороны, не превратилось в очередную кампанию, а с другой стороны, не стало самоцелью в ущерб комфортности условий труда и здоровью сотрудников.

Сведения об авторах

Ефимов Борис Васильевич – д.т.н., профессор, директор института, e-mail: efimov@ien.kolasc.net.ru

Бакшеев Валерий Петрович – зам. начальника отдела, e-mail: admin@admksk.apatity.ru

Клюкин Александр Михайлович – зам. директора по общим вопросам, e-mail: kluk@ien.kolasc.net.ru

УДК 332.122(470.1)

ЭКОНОМИКА СЕВЕРНОГО ИЗМЕРЕНИЯ РОССИИ: ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ НОВОГО НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Е.П. Башмакова

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН

«...Россия – северная страна, поэтому особое измерение ее экономики – северное – существовало и будет существовать всегда. Экономика Севера органически переплетается с экономикой всей России, и на протяжении многих лет наш Север создает экономическую основу развития страны, отдавая значительно больше, чем получает. Именно поэтому проблемы Севера являются национальными проблемами, а северное измерение экономики для России является главнейшим стратегическим направлением, жизненно важным для экономического роста и развития России...»

Г. Лузин

Аннотация

Для России становится общепризнанным, что Север в целом – это жизненно важная экономическая зона страны, богатая природными ресурсами, с ярко выраженной спецификой социально-экономического развития, с особо неблагоприятными природными условиями, с характерным комплексом климатических воздействий на человека, технику и сооружения. В то же время он является зоной стратегических интересов России, так как его экономика органически переплетается с экономикой всей страны и на протяжении многих лет Север создает экономическую основу развития России. Поэтому проблемы Севера являются национальными проблемами, а «экономика северного измерения» для России – главнейшее стратегическое направление, жизненно важное для экономического роста и развития России. Именно для исследования проблем социально-экономического развития пространства Севера и Арктики был создан Институт экономических проблем КНЦ РАН, который является лидером в области нового научного направления – «экономика северного измерения России».

Ключевые слова:

Север, ресурсы, стратегические интересы, северное измерение экономики, социально-экономическое развитие, Институт экономических проблем.

История развития экономических исследований на Мурманской земле тесно связана с историей освоения природных богатств Кольского полуострова. Первые работы по экономической оценке разработки полезных ископаемых появились в 1920-е годы. Это были работы специалистов, привлеченных акад. А.Е.Ферсманом.

В июне 1936 г., в связи с возрастающей потребностью в расширении экономических исследований, в структуре Кольской базы АН СССР появился экономико-географический отдел. С 1952 г. по 1965 г. в целях обеспечения комплексных исследований полезных ископаемых Кольского п-ова была сформирована группа экономики, затем лаборатория экономики редкометалльного сырья, лаборатория экономических исследований, которые входили в состав Геологического института, Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья. В 1965 г. на базе лаборатории постановлением Президиума Кольского филиала Академии наук СССР образован Отдел экономических исследований.

Задачи Отдела состояли в исследовании комплексных проблем развития производительных сил Кольского п-ова на основе хозяйственного освоения и рационального использования природных ресурсов.

С 1971 г. по 1980 г. была выполнена народнохозяйственная оценка природных ресурсов Европейского Севера, дан прогноз их промышленного освоения и развития производительных сил

регионов на период 1980-2000 гг. Работы по этим направлениям проводились в тесном содружестве и кооперации с отделами экономики Коми и Карельского филиалов АН СССР.

Период 1980-х гг. характеризовался расширением исследований по развитию производительных сил Европейского Севера. Совместно с отделами экономики Карельского и Коми филиалов АН СССР был выполнен широкий перечень работ по Комплексной программе научно-технического прогресса Северного экономического района на 20-летний период. Одновременно проводились исследования по теоретическому обоснованию и определению эффективных путей развития Кольского горнопромышленного комплекса на основе рационального и комплексного использования минерально-сырьевого потенциала региона. На протяжении этих лет здесь работали интересные, неординарные люди, настоящие ученые, сформировавшие работоспособный коллектив, что позволило на базе Отдела экономических исследований создать в декабре 1986 г. Институт экономических проблем в соответствии с постановлением Совета министров СССР № 1226 «О комплексном использовании полезных ископаемых Кольского полуострова». Научное и научно-методическое руководство Институтом было возложено на Отделение экономики АН СССР.

Геннадий Павлович Лузин (д.э.н., проф., чл.-корр. РАН, депутат Государственной Думы РФ) – первый директор Института экономических проблем (1986-2000) – вписал славные страницы в развитие института. Благодаря научной эрудиции, личной активности, целеустремленности и ответственности Г.П. Лузин сформировал новое научное направление в отечественной науке – экономику "северного измерения", в рамках которого был подготовлен ряд фундаментальных работ и создана самостоятельная научная школа.

Возглавляемый Г.П. Лузиным ИЭП активно участвовал в разработке теоретических и прикладных исследований по проблемам экономической реформы в России, трансформации социальной и экономической политики в территориальных системах Севера, экономики рационального использования природных ресурсов Севера России и Арктики, в возрождении Северного морского пути, развитии международных научных связей с ближним и дальним зарубежьем.

Институт выполнял правительственные задания, связанные с районированием регионов Севера России по критерию дискомфорта, что явилось научной базой для формирования системы новых трудовых отношений, транспортного районирования и формирования системы бюджетных трансфертов.

На основе проведенных исследований был разработан, направлен в органы законодательной и исполнительной власти и принят целый ряд проектов важнейших федеральных законов: «Об основах государственного регулирования социально-экономического развития в переходный период в северных регионах РФ», «О районировании Севера России», «О гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в условиях Крайнего Севера и приравненных к ним местностях». Все законопроекты предусматривали реализацию стратегии устойчивого развития Севера России, отражающую взаимосвязь экономики, социальных условий и экологической безопасности. Не будет преувеличением сказать, что в эти годы исследования, проводившиеся в Институте, заложили основу для важнейших институциональных преобразований на Севере. Расширился объект исследований: теперь это был весь Крайний Север страны, а сами исследования стали максимально практически направленными и приобрели характер, близкий к междисциплинарному.

Г.П. Лузин стоял у истоков формирования в г. Апатиты высших учебных заведений – Филиала Санкт-Петербургской инженерно-экономической академии, который он возглавлял со дня основания (в настоящее время – Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет) и Кольского филиала Петрозаводского государственного университета, где он был деканом экономического факультета. Это обеспечило возможность интеграции высшей школы и науки и подготовки специалистов, адаптированных к работе на Севере. Весомый вклад он внес и в подготовку научных кадров высшей квалификации, инициировав создание при ИЭП диссертационных советов по экономике Д200.12.01 и К200.12.02.

По инициативе Г.П. Лузина с 1998 г. выпускается научно-информационного журнала ИЭП – «Север и рынок: формирование экономического порядка».

XXI век институт встретил как коллектив высококвалифицированных специалистов, готовый решать все усложняющиеся задачи социально-экономического развития пространства Севера и Арктики России в условиях глобализации и интеграции в мировое хозяйство.

После трагической гибели Г.П. Лузина в 2000 г. директором Института стал д.э.н., проф. В.С. Селин. Под его руководством с 2001 по 2005 гг. получили дальнейшее развитие фундаментальные исследования и прикладные разработки по развитию регионов Севера и Арктики. Был получен ряд

важных научных результатов, значительная часть которых была включена в годовые отчеты о деятельности РАН:

- разработаны стратегические направления социально-экономической политики на Северо-Западе России и в Мурманской области, использованные при подготовке «Основных положений стратегии экономического развития Мурманской области на период до 2015 года»;

- модифицирована методика районирования (зонирования) Севера России по комплексному критерию дискомфорта условий жизнедеятельности человека, включающего учет природно-климатических, экономико-географических, социально-экономических и медицинских факторов. Работа проводилась по заданию Министерства экономического развития и торговли РФ совместно с НИИ труда Министерства труда и социальной защиты и Института географии РАН;

- обоснована необходимость разработки стратегий формирования социального капитала на региональном и местном уровнях. Данные исследования выполнялись в сотрудничестве с исследовательскими организациями Дании, Норвегии, Фарерских островов в рамках международной исследовательской программы «Управление социальными трансформациями» (MOST), выполняемой под эгидой ЮНЕСКО;

- разработаны предложения в Концепцию государственной поддержки экономического и социального развития районов Севера и Арктики, основанные на результатах исследований по рациональному природопользованию и устойчивому развитию, предложены формы поддержки научно-технической и инновационной деятельности, механизмы охраны окружающей природной среды, направления совершенствования бюджетного процесса и налогообложения;

- разработаны методические подходы к прогнозированию технологического развития экономики Севера и организационно-экономические основы создания национального резерва стратегических материалов в Мурманской области;

- в рамках совместных исследований с Научным советом РАН по вопросам регионального развития и Институтом социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН обоснована необходимость новой парадигмы развития Севера – переход «от освоения к обживанию территории», от принципа использования природных и человеческих ресурсов к принципу их системного воспроизводства.

С 2001 г. в память о Г.П. Лузине в институте раз в два года проводятся «Лузинские чтения». Тематика конференций охватывает широкий круг вопросов, включая стратегию экологически сбалансированного освоения ресурсов Арктики и арктических морей, анализ актуальных социально-экономических проблем развития регионов Севера в условиях глобальных изменений в мире и в России, обобщение международного и национального опыта рационального природопользования, формирование социальной, инновационной и финансовой политики северных регионов и муниципалитетов. В 2006 г. ИЭП присвоено имя Г.П. Лузина, что явилось справедливым признанием его роли в создании института, а также его значения как государственного деятеля и талантливого ученого-исследователя, сумевшего создать новое научное направление, основать научную школу, сформировать условия успешной интеграции высшей школы и науки, обеспечить подготовку специалистов высшей квалификации.

С 2006 г. Институт возглавляет д.э.н., проф. Ф.Д. Ларичкин. Основные научные результаты деятельности института в период 2006-2009 гг. также неоднократно включались в отчеты РАН как важнейшие теоретические и прикладные достижения и заключались в следующем:

- обоснована необходимость формирования рациональной экологически сбалансированной системы недропользования на основе комплексного освоения и использования совокупности ресурсов недр и повышения глубины их переработки;

- выявлено объективное нарастание геэкономических и геополитических противоречий в Западной Арктике, связанное, с одной стороны, с ее ресурсным потенциалом и транспортным значением, а с другой – с отсутствием признанной мировым сообществом и нормативно оформленной демаркацией морских пространств;

- обоснованы принципы и методы государственного регулирования в сфере промышленного рыболовства, сформулированы цели и разработана модель согласования и координации экономической морской деятельности субъектов рыбного хозяйства в условиях развития государственного регулирования;

- разработаны концептуальные основы управления социальными трансформациями на региональном уровне в условиях глобализации, включающие обоснование новой парадигмы «регион

как социум-участник глобализации», принципов, методов и инструментов ее реализации в практике регионального управления;

- обоснована возможность и целесообразность формирования высокотехнологичных транспортно-логистических кластеров и особых экономических зон на базе освоения нефтегазовых ресурсов Арктического шельфа и развития транспортного комплекса Европейского Севера;

- разработаны Концепция и Стратегия социально ориентированного инновационного развития Мурманской области до 2025 г. Впервые для Севера России определено, что генеральной целью Стратегии является развитие человеческого потенциала и повышение качества жизни населения области на основе ее инновационного, устойчивого социального, экономического и экологически сбалансированного развития, обеспечивающего статус области как конкурентоспособного региона, опорного центра России на Европейском Севере и в Арктике.

Институт является соисполнителем трех программ Президиума РАН:

- комплексной программы фундаментальных исследований Президиума РАН «*Прогноз технологического развития экономики России с учетом новых мировых интеграционных процессов*» (2004-2009 гг.);

- программы Президиума РАН № 24 «*Фундаментальные проблемы пространственного развития Российской Федерации: междисциплинарный синтез*» (2009-2011 гг.), проект 11.5.2. «*Значение северных и арктических регионов в новых геоэкономических и геополитических условиях развития России*»;

- программы Президиума РАН «*Поддержка молодых ученых*»:

- а) подпрограмма «*Организация и финансирование работ молодых ученых Российской академии наук по приоритетным направлениям фундаментальных исследований*» (2006-2009 гг.);

- б) подпрограмма «*Привлечение талантливой молодежи и организация научных школ РАН для молодых ученых*» (2005-2009 гг.)¹.

Институт принимал участие в выполнении программы фундаментальных исследований Отделения общественных наук РАН «*Россия в глобализирующемся мире*» (2003-2006 гг.), выполнял научно-исследовательские работы с ведущими предприятиями Мурманской области, по заказу правительств Мурманской и Вологодской областей, с Комитетом по делам Севера и малочисленных народов Севера Совета Федерации, администрациями муниципальных образований области, с институтами Санкт-Петербурга, Республики Карелия и другими научными, проектными и промышленными предприятиями России. Сотрудниками института получено 17 грантов РФФИ и РГНФ на выполнение научных исследований за 2001-2009 гг.

В 2009 г. институт выиграл грант Президента РФ МД-1681.2009.6 «Сценарии развития Севера».

Институт является постоянным участником региональных целевых научно-технических программ, в рамках которых выполнено более 15 проектов, организовано 8 конференций и проведено 2 «Школы молодых ученых». Дальнейшее развитие получило международное научно-техническое сотрудничество: участие в более чем 15 международных программах и исследовательских проектах по двусторонним соглашениям с научными организациями ближнего и дальнего зарубежья.

Институт выполняет задания инновационного блока Комплексной программы научных исследований Президиума РАН «*Прогноз технологического развития экономики России с учетом новых мировых интеграционных процессов (содержательные, экономические и институциональные аспекты)*», в рамках которой выполнено четыре раздела в 2005-2008 гг.

Подготовка специалистов высшей квалификации ведется отделом аспирантуры и диссертационным советом, действующими в Институте. В 2000 г. диссертационный совет успешно прошел перерегистрацию и включен в базовую сеть диссертационных советов РФ. Ныне действующему диссертационному совету разрешено принимать к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством (региональная экономика)»; «Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (промышленность)».

Для реализации программы «Интеграция науки и высшей школы» в 2001 г. при институте совместно с Филиалом Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета

¹ В рамках реализации подпрограммы проведено четыре аспирантско-студенческих конференции и две «Школы молодых ученых».

(СПбГИЭУ) создан научно-образовательный центр (НОЦ). Он является координирующим органом по сотрудничеству с вузами и подготовке высококвалифицированных кадров.

Выделение финансовых средств для НОЦ в рамках программы Президиума РАН «Поддержка молодых ученых» позволило активизировать участие студентов, аспирантов и молодых ученых в научных исследованиях, повысить уровень обеспеченности молодых специалистов современной техникой, привлекать студентов к научно-исследовательской и преподавательской работе, предоставлять возможность молодым ученым и аспирантам участвовать в российских и международных конференциях, семинарах, форумах, научных школах.

Направления научных исследований Института соответствуют п. 75 «Проблемы и механизмы обеспечения экономической, социальной и экологической безопасности Российской Федерации» и п. 76 «Научные основы региональной политики и устойчивое развитие регионов и городов» Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008-2012 гг., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 27 февраля 2008 г. № 233-р, и Плану фундаментальных исследований Российской академии наук на период до 2025 г. (подраздел «Экономические науки»).

Сегодня профиль деятельности института связан с внедрением организационно-управленческих инноваций в практику деятельности государственных и муниципальных органов власти, что выражается в подготовке предложений, рекомендаций, законодательных инициатив, а также участием в инновационных программах.

Различные периоды развития регионов Севера и Арктики и изменения, с ними связанные, отражались или прогнозировались в научных трудах института. В рамках исследований определялись цели и задачи развития северных и арктических территорий РФ для каждого периода, предлагались методы, механизмы и инструменты для решения имеющихся и возникающих проблем и достижения поставленных целей. Значительная часть разработок института была положена в основу принятых и действующих до настоящего времени законодательных актов РФ, стратегических документов федерального и регионального уровней.

Основным полигоном для апробации и практических приложений исследований являются Российская Арктика, Мурманская область, а также муниципальные образования северных территорий РФ.

Специфика Института заключается в комплексном междисциплинарном характере проводимых исследований, которые направлены на изучение фундаментальных основ устойчивого социального, экономического, экологического и инновационного развития регионов Севера и Арктики России и на решение проблем этого важнейшего для страны мегарегиона. Такая специализация определяет уникальность ИЭП КНЦ РАН среди других научных учреждений Отделения общественных наук РАН.

Результаты выполнения фундаментальных исследований по экономике «северного измерения», а также разработка практических рекомендаций государственным и муниципальным органам управления позволили институту занять лидирующие позиции в научных исследованиях и разработках на Российском Севере и Арктике.

В 2009 г. разработана Стратегия развития Института до 2025 г., в которой обоснованы цели и задачи перспективных исследований. При этом учитывались как достижения прошлых лет, так и особенности исследований предстоящего периода, заключающиеся в следующем:

1. Изменение значения пространства Севера и арктических районов для современной России, которое обусловлено тем, что, с одной стороны, это обширная экономически, социально и экологически важная часть территории страны с экстремальными условиями жизнедеятельности и ярко выраженной спецификой социально-экономического развития. С другой стороны, этот мегарегион является зоной стратегических интересов России, так как обладает уникальным геополитическим, природно-ресурсным и социально-экономическим потенциалом.

2. Природные ресурсы Севера и Арктики играют ключевую роль в удовлетворении потребностей экономики страны во многих стратегически важных видах сырья и топлива, которые не имеют альтернативы их получения в других регионах. Достаточно развитые в отдельных регионах Севера производственные комплексы и инфраструктура (транспортные коммуникации, энергетические сети, газо- и нефтепроводы, телекоммуникации), включая наличие открытых для мирового океана морских портов (в западной части – незамерзающих), трансграничных транспортных коридоров, позволяют активно участвовать в национальном и мировом экономическом процессах.

3. Энергетические ресурсы Севера и Арктики России и транспортный потенциал региона, в частности Северный морской путь, могут при эффективном их использовании и развитии обеспечить повышение роли и статуса Российского Севера как на национальном пространстве, так и на международной арене и стать одним из инструментов системной модернизации экономики страны, а также упрочения ее положения на международной арене. Это особенно важно в условиях усиления процесса глобализации и необходимости встраивания России в новую геоэкономическую модель мирового развития как полноценного глобального игрока.

4. Обострившаяся в последнее время борьба за ресурсы мировой Арктики, наличие значительного числа нерешенных проблем правового и политического характера, существенно влияющих на экономические процессы на Севере и в Арктике, повышают значение данного мегарегиона как для Российской Федерации, так и для мирового сообщества.

5. Территории Севера и Арктики России обладают значительным человеческим потенциалом, адаптированным к жизни и работе в экстремальных условиях Севера. Наличие квалифицированных трудовых ресурсов, высокообразованных инженерно-технических, научных и преподавательских кадров вместе с уникальными природными ресурсами, развитым индустриальным комплексом и значительным культурным потенциалом, обогащенным этнокультурным достоянием коренных народов Севера, создают необходимые предпосылки для устойчивого развития северных и арктических территорий страны.

6. Особой чертой Российского Севера, отличающей его от остальных приполярных регионов мира, является то, что при населении около 8% от общей численности населения страны, он производит более 15% валового внутреннего продукта и дает более 50% валютных поступлений РФ.

7. Несмотря на значение Севера и Арктики для страны и мирового сообщества, эта часть территории России остается остропроблемной зоной, это обусловлено:

- а) сложностью и неоднородностью социально-экономической ситуации в этих регионах;
- б) отсутствием научно обоснованной, системной и дифференцированной федеральной политики в отношении Севера России, которая неадекватна значительной и все возрастающей роли Севера в развитии страны и не учитывает в достаточной степени специфику и интересы северных регионов;
- в) недостаточно тщательно проработанной, базирующейся на научной основе социально-экономической политикой северных регионов, отсутствием во многих случаях активной позиции регионов по четкому формулированию и отстаиванию интересов населения северных территорий.

8. Нестабильность мировой и российской социально-экономической ситуации, вызванная финансово-экономическим мировым кризисом, оказывает значительное негативное воздействие на регионы Севера России.

Все вышеперечисленное делает необходимым усиление теоретических и практических исследований территорий Севера и Арктики России, в которых Институт должен сохранить и укрепить свои лидирующие позиции для научного обоснования устойчивого пространственного развития Севера и Арктики в новых геополитических и геоэкономических условиях.

Сведения об авторе

Башмакова Елена Петровна – к.э.н., ученый секретарь института, e-mail: bashmakova@iep.kolasc.net.ru

ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КНЦ РАН – ВЕДУЩАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

А.Г. Олейник, В.А. Путилов

Институт информатики и математического моделирования
технологических процессов КНЦ РАН

Аннотация

Представлены сведения об истории создания и основных направлениях научной деятельности Института. Приведен краткий обзор результатов его исследований в области разработки и развития моделей, методов и информационных технологий, ориентированных на поддержку решения актуальных задач управления региональным развитием и функционированием ключевых подсистем социально-экономической системы Мурманской области.

Ключевые слова:

направления научных исследований, информационные технологии, основные научные результаты, подготовка кадров.

Первые годы

Комплексные исследования особенностей природной среды высокоширотной области земного шара и создание научных основ обеспечения жизни и хозяйственной деятельности в районах Крайнего Севера, проводимые в Кольском научном центре РАН, требуют хранения и обработки больших объемов разнородной информации. Еще в 1967 г. здесь был создан Вычислительный центр коллективного пользования (ВЦ КП), который обеспечивал профильные институты КНЦ РАН вычислительными ресурсами. К концу 1980-х гг. стала очевидной необходимость проведения фундаментальных исследований для развития и совершенствования информационных технологий и средств телекоммуникаций, ориентированных, в первую очередь, на поддержку междисциплинарных исследований научного центра в регионе. В начале 1989 г. Президиумом АН СССР принято решение об организации в составе Кольского филиала АН СССР Института информатики и математического моделирования технологических процессов (ИИММ) с возложением научно-методического руководства Институтом на Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР.

Базовый коллектив Института был сформирован на основе сотрудников ВЦ КП и нескольких исследовательских групп из институтов Центра, занимавшихся математическим и компьютерным моделированием для решения прикладных задач, кроме того, были приглашены специалисты высшей квалификации из других регионов России. К концу первого года своего существования Институт имел в штате 93 человека, из которых только 22 были научными сотрудниками. В этом же году на базе Института была проведена Всесоюзная школа «Прикладные проблемы управления макросистемами», на которой молодой коллектив смог познакомиться с ведущими отечественными учеными в области моделирования и исследования сложных систем, а также представить на их суд свои планы и разработки.

В 1991 году численность работников Института достигла 110 человек, в основном за счет увеличения числа научных сотрудников, из которых только 10 имели ученую степень (1 доктор наук и 9 кандидатов наук). В этом же году была издана первая монография [1], учеными Института получены 2 авторских свидетельства на изобретения.

К 1992 году КНЦ РАН завершил переход от централизованной обработки информации, осуществляемой с привлечением группы операторов ЭВМ, входящих в штат ИИММ, к использованию системы удаленных терминалов. В результате численный состав Института сократился до 85 человек, но при этом число научных сотрудников увеличилось и достигло почти 50%. В последующие годы штатная численность Института, как и во всем КНЦ РАН, постепенно сокращалась.

Время становления ИИММ совпало с одним из наиболее сложных периодов в истории отечественной науки, поэтому проблема высококвалифицированных кадров остро стояла перед ним с момента его организации. На начальном этапе работы сюда перешли специалисты с учеными степенями из различных

научных и научно-производственных учреждений. Но в связи с последовавшими вскоре социальными потрясениями приток специалистов «извне» прекратился, некоторые из них в это время покинули Институт. Привлечение на контрактной основе специалистов из других организаций позволяло несколько снизить остроту проблемы, но основное решение «проблемы с кадрами» с самого начала виделось в непосредственном обеспечении научного роста сотрудников Института, в первую очередь молодых.

Научные исследования – вклад в развитие информационных технологий

В первые годы деятельности Института тематика научных исследований во многом определялась «унаследованными» задачами и была связана с созданием моделей и средств моделирования для обеспечения научных исследований и автоматизации в горном деле, геофизике, химических технологиях, биологии и экологии. Именно в это время в результате обобщения результатов, получаемых различными исследовательскими коллективами, в Институте формировалась единая научная школа.

Основным направлением исследований научной школы становятся разработка и развитие теоретических и методических основ информационных технологий поддержки управления региональным развитием, а также практическая реализация указанных технологий в прикладных информационных системах. В качестве общего методологического «инструмента» развивается технология концептуального моделирования, в рамках которой обеспечивается формализация и интеграция коллективных знаний о структуре и задачах предметной области, а также инструментальных средствах информационной и аналитической поддержки решения этих задач. Использование формальных концептуальных моделей дает возможность в значительной мере автоматизировать ранние этапы разработки проблемно ориентированных информационных систем. В частности, формальный анализ концептуальной модели позволяет определить принципиальную разрешимость задач до перехода к их практическому решению, сформировать целостную спецификацию информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов, необходимых для поддержки решения задачи. Структура концептуальной модели предполагает возможность создания информационных технологий поддержки принятия решений, интегрирующих модели и методы моделирования различного типа: аналитические, логические, имитационные. Результаты развития теоретических основ технологии концептуального моделирования и ее использования при создании проблемно ориентированных систем информационной и аналитической поддержки принятия решений в области регионального управления обобщены в коллективной монографии, изданной в 2004 г. совместно с ведущими учеными Института системного анализа РАН [2].

В результате развития технологии концептуального моделирования в Институте было создано несколько вариантов формальной структуры иерархических концептуальных моделей, учитывающих особенности задач и объектов исследования. Условно их можно разделить на два класса: к первому относятся модели, ориентированные на представление и исследование сложной задачи с единой, заранее определенной целью, а к другому – модели, ориентированные на исследование сложных систем, для которых априорно определена только часть предполагаемых к решению задач. Для каждого варианта концептуальной модели созданы средства формирования и анализа свойств (целостности, разрешимости и др.). Разработаны методы и средства «постановки» на формальной концептуальной модели конкретного варианта вычислительного эксперимента и синтеза спецификации исполнительной среды для его реализации (рис. 1).

В области средств реализации компьютерного моделирования, наряду с «классическими» методами численного решения систем уравнений и статистического анализа, в Институте развивались методы, направленные на решение задач, для которых характерны неопределенность, неточность исходных данных и знаний, ограниченные возможности использования количественных характеристик. Была разработана единая концепция нечеткого логического вывода на основе интервальных оценок неопределенности, ориентированная на различные уровни точности априорных и экспертных знаний о слабоструктурированных предметных областях. Построены математически обоснованные методы оперирования с неопределенными высказываниями, позволяющими эффективно выявлять и исправлять противоречия в исходных знаниях. Предложены методики дедуктивного вывода, обеспечивающие значимые логические следствия в смысле уменьшения степени их неопределенности. На основе интеграции средств исследования слабоформализованных сложных нестационарных пространственных объектов и комплексного использования экспертных знаний разработана ситуационная модель для анализа и прогнозирования альтернативных вариантов развития региональных природно-промышленных комплексов. С помощью модели осуществляется выбор альтернативных сценариев развития этих комплексов для дальнейшего исследования средствами имитационного моделирования.

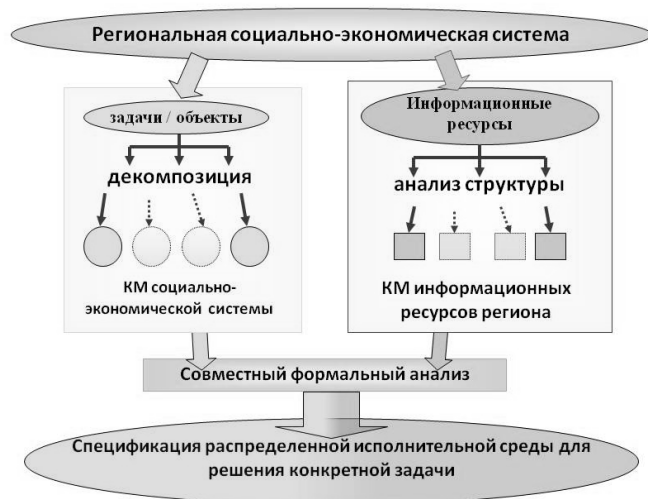


Рис. 1. Схема синтеза проблемно-ориентированных систем информационной и аналитической поддержки

В результате поиска наиболее адекватных подходов к компьютерному моделированию систем, сложность динамики которых определяется в основном наличием множества нелинейных обратных связей, в качестве одного из наиболее перспективных решений в Институте был определен метод системной динамики. Системно-динамические модели не позволяют получать оптимальные в математическом смысле решения, но дают возможность в короткие сроки провести сравнительный анализ различных сценариев развития исследуемых процессов, оценить последствия управляющих воздействий на сложные слабо формализованные системы [3]. Одной из основных проблем при применении метода системной динамики является создание структуры имитационной модели, адекватно представляющей имитируемый процесс.

Решение данной проблемы было предложено в ИИММ, которое заключается в интеграции концептуального и системно-динамического моделирования. Формальный характер концептуальных моделей позволил разработать механизмы автоматизированного отображения структуры концептуальной модели на конструкции системно-динамических моделей [2].

Для компьютерного моделирования динамики сложных систем, содержащих пространственные объекты, разработана методика интеграции моделей системной динамики и геоинформационных систем. В рамках методики разработана классификация технологий организации двухстороннего симметричного взаимодействия между моделями, а также классификация прикладных задач моделирования и спецификация соответствующих интерфейсов в виде набора ограничений и требований. Методика обеспечила возможность создания имитационных моделей сложных динамических систем, параметры которых существенно зависят от их пространственного расположения.

Важность научно обоснованного прогнозирования и использования современных информационных технологий для поддержки принятия решений на всех уровнях управления региональным развитием определяет еще одно стратегическое направление исследований Института. Именно социально-экономическим системам чаще всего присущи свойства динамической сложности, разнородности компонентов, изменчивости как значений параметров, так и их влияния на развитие системы. Огромную роль в этих системах играют факторы и связи, трудно поддающиеся формализации. Исследования Института показали, что технология концептуального моделирования позволяет преодолеть многие трудности, связанные с разработкой методов и средств информационно-аналитической поддержки управления социально-экономическими системами.

Логическим развитием исследований, связанных с интеграцией концептуального и системно-динамического моделирования, стало создание технологии концептуальных шаблонов для синтеза динамических моделей сложных систем. Данная технология обеспечила построение имитационных моделей из типовых шаблонов, что позволило существенно снизить трудоемкость и сократить сроки создания имитационных моделей социально-экономических систем регионального уровня. На ее основе был создан комплекс сценарно-динамических моделей для исследования и прогнозирования социально-экономических показателей различных стратегий социально-экономического развития региона [3].

До настоящего времени ключевую роль в развитии региона играли крупные предприятия горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Системный подход к анализу функционирования и развития этих предприятий требует рассмотрения в качестве единого целого природно-промышленных комплексов, включающих как сами предприятия, так и окружающие их природную и социально-экономическую среды. При этом важными являются пространственные параметры, в качестве эффективного инструмента работы с которыми применяются геоинформационные системы (ГИС). Для исследования сложных природно-промышленных комплексов разработаны метод и алгоритмы поддержки взаимного соответствия открытой концептуальной модели и ГИС-представления

таких объектов. Это позволяет учитывать изменения графических атрибутов компонентов объекта при моделировании и отображении его пространственно-временной динамики.

Еще в первое десятилетие деятельности Института был получен ряд научных результатов, имеющих важное практическое значение для обеспечения безопасности подземных объектов различного назначения. При поддержке государственной научно-технической программы «Создание подземных атомных станций для обеспечения безопасности объектов атомной энергетики» создана информационная модель взаимодействия подземного объекта ядерной энергетики с окружающей средой. Разработана структура автоматизированной системы мониторинга окружающей среды подземных атомных станций и хранилищ радиоактивных отходов.

Предложена модель устойчивости горных выработок в условиях повышенного давления. Модель, основанная на использовании уравнения неразрывности деформаций многосвязных областей, позволяет рассчитывать смещения горных выработок с целью оценки их безопасности. Создана модель формирования очага горного удара, основанная на интерпретации процесса разрушения горного массива. Разработаны процедуры обработки экспертных знаний вероятностного и детерминированного характера, обеспечивающие логический вывод характеристик горного массива в зоне проведения горных работ для прогнозирования удароопасности.

В последующие годы результаты, полученные в ходе создания средств информационно-аналитического обеспечения управления безопасностью подземных объектов, были обобщены и использованы при разработке моделей управления безопасностью природно-промышленных объектов других типов. Для широкого класса региональных природно-промышленных комплексов разработано унифицированное информационное обеспечение управления безопасностью. Формализована система базовых понятий предметной области. Выявлена иерархическая структура элементов природно-промышленного комплекса, важных для безопасности. Обоснованы единые формы представления и оценки разнородных опасностей. Полученные результаты создали основу системы поддержки принятия решений по управлению безопасностью.

В деятельности КНЦ РАН важное место занимают исследования, связанные с развитием и разработкой новых промышленных технологий и повышением эффективности и надежности действующих производственных процессов и систем. ИИММ КНЦ РАН также принимает участие в таких исследованиях совместно с профильными институтами. Основными задачами Института является создание средств моделирования и автоматизации управления промышленными процессами и технологиями.

В области моделирования химико-технологических процессов сотрудниками Института дано теоретическое обоснование возможности построения дискретных автоматных моделей для непрерывных химико-технологических процессов. Разработан метод разделения состояний для непрерывных процессов, который позволяет строить дискретные автоматные модели для линейных и линеаризованных объектов управления. Создана методика применения теории конечных автоматов для построения дискретных диагностических моделей непрерывных технологических процессов (совместно с Институтом химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН). На основе полученных результатов предложена и обоснована система диагностики состояний и принятия решений по управлению типовыми непрерывными технологическими процессами на основе дискретных автоматных моделей.

Для решения задач рационального использования минеральных полезных ископаемых разработана информационная технология формирования спецификаций процессов и схем обогащения, обеспечивающих наиболее эффективное разделение минеральных компонентов (совместно с Горным институтом КНЦ РАН). Технология обеспечивает возможность анализа динамики преобразования различных фракций минерального сырья, комплексное использование статистических, аналитических и логических моделей, определение параметров и структур процессов разделения минеральных компонентов, приемлемых на множестве задаваемых критериев. На основе анализа общих физических закономерностей поведения минеральных частиц в обогатительных аппаратах разработана агрегированная аналитическая модель разделительных процессов в виде системы дифференциальных уравнений. Модель определенного разделительного аппарата формируется путем подстановки в уравнения выражений, описывающих силы, действующие в этом аппарате. Кроме аналитических моделей разработаны варианты статистических и имитационных моделей для обогащения основных видов минерального сырья Кольского полуострова. Выбор типа модели при реализации исследований обогатительного процесса определяется уровнем его изученности и наличием экспериментальных данных о его характеристиках.

Институт постоянно проводит исследования, которые связаны с общими вопросами развития сетевых технологий и распределенных информационных систем и ориентированы в основном на повышение

комплексности и рациональности использования существующих и создаваемых в регионе информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов.

В первые годы деятельности Института была создана информационная система Кольского научного центра, объединившая локальные сети и отдельные ПЭВМ научных подразделений Центра в единую систему, обеспечившую сотрудникам подразделений доступ к ресурсам глобальных сетей (российских и международных), внедрение новых информационных технологий, в том числе и дистанционное обучение. С развитием информационных технологий и аппаратных средств данная система постоянно совершенствуется.

Для построения интегрированных региональных проблемно ориентированных информационных систем разработана технология федеративного доступа к семантически связанным разнородным базам данных. Технология позволяет интегрировать в логически единое информационное пространство территориально распределенные базы данных, реализованные на различных программно-аппаратных платформах и содержащие семантически связанную информацию. При этом сохраняется функциональность унаследованных информационных систем.

Разработана информационная технология анализа и прогноза нагрузки на региональные информационно-вычислительные системы, новизна которой заключается в использовании моделей системной динамики на двух уровнях. На уровне стратегического планирования развития региональных информационно-вычислительных систем моделируется динамика перспективных информационных потребностей региона, на втором уровне моделируются варианты развертывания распределенных вычислений на имеющихся региональных сетях. Технология обеспечивает поддержку решения задач стратегического планирования структуры и характеристик региональных информационно-вычислительных систем и задач реализации распределенных вычислений на имеющейся региональной вычислительной базе.

Общемировые тенденции развития информационных технологий связаны со значительным ростом «удельного веса» технологий обработки знаний и перевода процессов информационного взаимодействия в виртуальное пространство. В русле этих тенденций в Институте в последние годы проводятся исследования, связанные с использованием онтологий и технологий агентного моделирования. В частности, разработан метод семантического анализа информации на основе онтологии, который обеспечивает повышение точности целевого доступа к данным информационных систем и систем моделирования, а также позволяет выполнять оперативную настройку системы на различные модели предметной области.

Ряд важных результатов получен в ходе разработки методов и средств реализации виртуальной мультиагентной бизнес-среды поддержки инновационной деятельности в регионе (рис. 2). Для информационной поддержки процессов зарождения и развития инновационных идей разработан метод синтеза виртуальных организационных структур инноваций. Метод позволяет использовать слабоструктурированные неполные исходные данные, что обеспечивает эффективное формирование виртуальных сетей ресурсов в открытой информационной среде. Информационная технология экономического анализа эффективности функционирования инновационных структур обеспечивает поддержку начальных этапов жизненного цикла инноваций, основана на комплексной оценке деловой репутации субъектов инноваций, совокупности производственно-ресурсных и социально-экономических эффектов, а также рисков внедрения инноваций. Разработан комплекс имитационных моделей рыночной диффузии инновационного продукта, который обеспечивает прогнозирование рыночной результативности инновации при различных маркетинговых стратегиях.

О высоком научном уровне и актуальности исследований, проводимых в Институте, свидетельствуют результаты, включенные в важнейшие итоги научной деятельности РАН. Научно-исследовательские проекты, выполняемые в Институте, включаются в целевые программы различного уровня, а также получают поддержку научных фондов. В 2006 г. сформировавшаяся в Институте научная школа по разработке и развитию информационных технологий поддержки управления региональным развитием официально признана в числе ведущих научных школ Российской Федерации. Результаты научных исследований Института находят свое воплощение в различных проблемно ориентированных программно-аппаратных системах, успешно использующихся в организациях и на предприятиях горнопромышленного обогатительного комплекса, в образовательных и иных учреждениях региона. Программные средства разрабатываются с использованием современного инструментального программного обеспечения и реализуют наиболее передовые и эффективные архитектуры и технологии программных систем: клиент-серверные архитектуры, технологии геоинформационных систем, агентные технологии, архитектуры CORBA и DCOM и др.

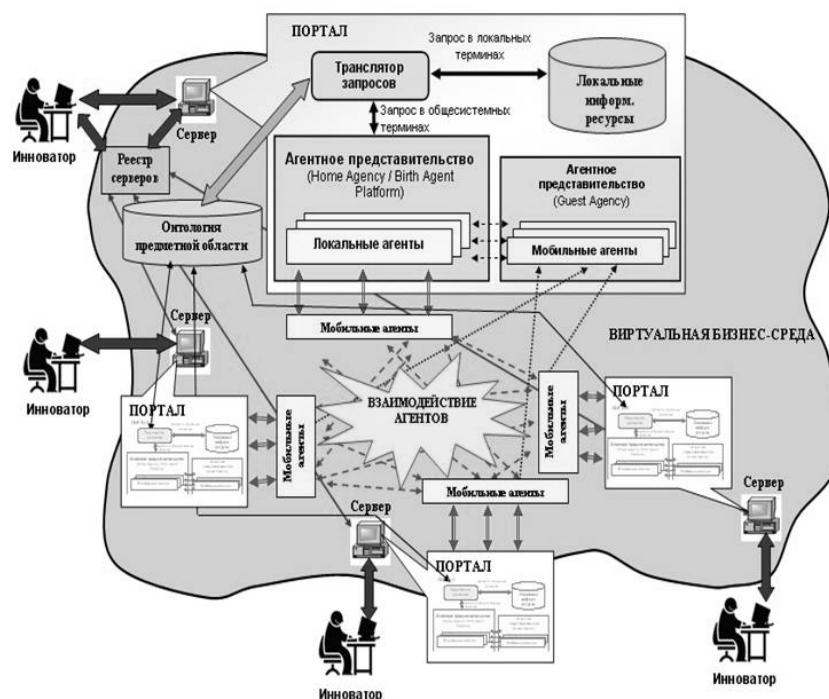


Рис. 2. Мультиагентная виртуальная бизнес-среда поддержки инновационной деятельности

Подготовка кадров – забота о будущем

Надежная кадровая основа является важнейшим условием эффективной работы и успешного развития любой научной организации. Это всегда понимали в Институте, и это понимание выражалось в активном участии ИИММ КНЦ РАН в подготовке профессиональных кадров, в том числе и высококвалифицированных.

На базе ИИММ со дня его основания долгое время успешно функционировал научно-учебный комплекс, обеспечивший в сложный начальный период массовой информатизации науки подготовку и переподготовку многих ученых Кольского научного центра в области современных (на тот период) информационных технологий, основанных на персональных компьютерах. Фактически, это был единственный в городе учебный центр, в котором могли дать профессиональную консультацию и обучить эффективному использованию персональных ЭВМ в научных исследованиях.

Деятельность по подготовке специалистов в области математического и компьютерного моделирования, информационных технологий и систем быстро вышла за рамки Академии наук. В 1994 г. при активном участии Института в г. Апатиты создается Кольский филиал Петрозаводского государственного университета (КФ ПетрГУ), одним из первых факультетов которого становится базовый факультет ИИММ КНЦ РАН – факультет информатики и прикладной математики (ИПМ). Сегодня это одна из наиболее крупных и успешных образовательных структур КФ ПетрГУ, где на 4 кафедрах обучаются более 700 студентов, ведется подготовка по 4 специальностям высшего профессионального образования.

За время своей работы факультет подготовил более 500 квалифицированных специалистов в области информационных технологий и прикладной математики, высоко востребованных на региональном рынке труда. Сегодня в Мурманской области трудно найти организацию или предприятие, где бы не работали выпускники факультета ИПМ. Некоторые из них работают в ведущих компьютерных фирмах крупных городов России, включая Санкт-Петербург и Москву. Такими успехами факультет обязан, прежде всего, своему базовому институту, сотрудники которого составляют костяк профессорско-преподавательского состава факультета ИПМ. Институт осуществляет активную организационную и методическую поддержку образовательного процесса, на его базе проходят производственные практики студентов, уникальное высокотехнологичное оборудование Института используется в лабораторных практикумах.

С конца 1990-х годов Институт проводил работы в рамках федеральных целевых программ, призванных обеспечить поддержку интеграции науки и высшего образования России. В этот период была разработана научно-методическая база интеграционных процессов прикладной и фундаментальной науки с образовательными институтами, созданы прикладные программные разработки для поддержки такой интеграции, мультимедийные информационные ресурсы науки и образования. Проработка теоретических и

прикладных аспектов интеграции также велась в рамках научно-исследовательских работ по плановым темам НИР Института.

Важнейшим аспектом образовательной деятельности ИИММ является подготовка кадров высшей профессиональной квалификации в профильной аспирантуре. На его базе с 1991 г. ведется подготовка аспирантов по специальностям 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». В аспирантуре при ИИММ прошли обучение десятки молодых ученых, 23 человека защитили кандидатские диссертации и успешно работают в институтах Кольского научного центра РАН и других научно-исследовательских организациях. Трое из них уже стали докторами наук.

Постоянная забота о кадровом обеспечении, в том числе путем активного привлечения молодежи, позволяет Институту по праву считаться самым молодым институтом КНЦ РАН. В 2009 г. средний возраст сотрудников Института (с учетом аспирантов) составлял 34 года, кандидатов наук – 36 лет, а докторов наук – 55 лет.

Деятельность Института в области образования не ограничивается лишь программами высшего профессионального образования и аспирантуры, он активно способствует и развитию дополнительных образовательных услуг. Наиболее заметным результатом этой деятельности является открытый в 2002 г. Кольский региональный центр Интернет-образования (КРЦИО), входящий во всероссийскую систему образовательных центров, занимающихся повышением квалификации в сфере информационных технологий. За пять лет своей работы Центр подготовил около 4 тыс. слушателей, география выпускников охватывает всю Мурманскую область. Институт информатики осуществляет техническую и методическую поддержку деятельности Центра, его специалисты участвуют в развитии технической базы КРЦИО, разработке и реализации современных, актуальных учебных программ.

Уделяя большое внимание проблемам подготовки научных кадров, Институт, конечно же, не может обходиться вниманием и «источник» кадровых ресурсов отечественной науки – современных школьников. Институт информатики участвует в нескольких образовательных проектах, ориентированных на работу с одаренной молодежью школьного возраста. Долгие годы на базе Института работал детский клуб «Компьютер». Совместно с КФ ПетрГУ проводится ежегодный областной чемпионат по веб-дизайну, с различной периодичностью для школьников и студентов Мурманской области организуются командные чемпионаты по программированию, создана и успешно работает вечерняя математическая школа для учащихся старших классов, интересующихся математикой.

Краткие итоги

За свою недолгую 20-летнюю историю Институт сумел добиться значимых результатов в области разработки и развития информационных технологий, методов и средств информационной поддержки решения разнородных задач, актуальных как для науки, так и для практической деятельности. Не менее важным является и то, что в нелегкое время он сумел твердо встать на ноги, сформировать устойчивый творческий коллектив и успешно действующую базу подготовки кадров для «подпитки» и развития своей научной школы.

Активизация государственной политики, направленной на перевод экономики на инновационный путь развития и реальное формирование в России информационного общества, предусматривающее, в частности, обязательное внедрение информационных технологий в процессы административного управления на всех уровнях власти, дает основания ожидать повышение спроса на научную «продукцию» Института. Еще в 2000 году при его активном участии была разработана и представлена региональному правительству концепция информатизации Мурманской области [4], большинство положений этой концепции полностью согласуются с содержанием утвержденных в 2008 г. Концепцией формирования в Российской Федерации электронного правительства и Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин И.А., Путилов В.А., Фильчаков В.В. Распределенная обработка информации в научных исследованиях. Л.: Наука, 1991. 304 с. 2. Емельянов С.В., Олейник А.Г., Попков Ю.С., Путилов В.А. Информационные технологии регионального управления. М.: Едиториал УРСС, 2004. 400 с. 3. Горохов А.В., Путилов В.А. Системная динамика в задачах регионального планирования. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. 137с. 4. Вайнштейн Е.А., Горохов А.В., Корконосоев И.В., Мигулян Ю.П., Олейник А.Г., Путилов В.А. Концептуальные основы информатизации Мурманской области // Теоретические и прикладные модели информатизации региона. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2000. С. 6-11.

Сведения об авторах

Олейник Андрей Григорьевич – д.т.н., зам. директора института, e-mail: oleynik@iimm.kolasc.net.ru

Путилов Владимир Александрович – д.т.н., профессор, директор института, e-mail: putilov@iimm.kolasc.net.ru

**V Международная научно-практическая конференция
«Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения-2010».
ИЭП КНЦ РАН, г. Апатиты, 8-10 апреля, 2010 г.**

Конференция посвящена фундаментальным и прикладным аспектам развития северного и арктического пространства России в контексте повышения значения этих территорий, обусловленное их уникальным геополитическим, природно-ресурсным и социально-экономическим потенциалом и тем, что они являются зоной стратегических интересов России.

В конференции приняли участие 175 ученых и специалистов Российской Федерации, Армении, Норвегии, Финляндии, Дании, Швеции, Канады, Великобритании, Германии, руководители и представители областного правительства и муниципальной администрации, специалисты горнодобывающей и металлургической промышленности. Конференция включала ключевые пленарные доклады ведущих национальных и зарубежных ученых и экспертов, а также работу восьми секций, двух круглых столов и «Школы молодых ученых» по направлениям социально-экономического, экологического, инновационного, финансового, геополитического и другим сферам развития регионов и муниципалитетов российского и мирового Севера и Арктики. Представлено 13 пленарных, 145 секционных и 23 стендовых доклада.

Участники конференции отметили актуальность и содержательность обсуждаемых проблем и необходимость расширения фундаментальных и прикладных исследований по приоритетным направлениям устойчивого социально-ориентированного, инновационного, ресурсосберегающего пространственного развития территорий Севера и Арктики России.

Резолюция конференции направлена научным организациям РАН, муниципальным, региональным и федеральным органам исполнительной и законодательной государственной власти Российской Федерации.

**Международная научная конференция
«Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки»
(посвящена 75-летию Мурманского морского биологического института КНЦ РАН)
ММБИ КНЦ РАН, г. Мурманск, 11-13 марта 2010 г.**

В работе конференции приняли участие 250 человек, представлявших научные, образовательные и научно-производственные организации России (Москва, Санкт-Петербург, Калининград, Архангельск, Петрозаводск, Ростов-на-Дону, Пущино, Мурманск, Апатиты, Кировск), Норвегии, Финляндии, Греции и Израиля.

На заседаниях заслушаны и обсуждены 92 научных доклада, в том числе 15 пленарных, 41 устный и 36 стендовых, посвященных итогам и задачам исследований ресурсов арктического региона по основным направлениям академической науки: видовое разнообразие и продуктивность в сообществах и биотических системах; динамика и эволюция популяций, сообществ и экосистем в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного пресса; рациональное природопользование и охрана водных акваторий; морская геология и палеоэкология; современные задачи морских экспедиционных исследований: объекты, методы, результаты, интерпретация; воздействие промышленной эксплуатации морских месторождений нефти и газа, радиационного и химического загрязнения на экосистемы шельфов и побережий Арктики.

Работа конференции началась пленарным заседанием с докладами, в которых отразились последние достижения современной науки по изучению морских арктических экосистем. Важное место в докладах было уделено проблемам экосистемного сопровождения морских отраслей экономики, рационального природопользования и политики, отмечался также возросший интерес российской и мировой общественности к Арктическому региону как арене геополитических споров. В круг проблем, обсуждаемых в пленарных докладах, вошли также исследования биологического разнообразия как основного показателя эволюционного процесса, влияния природных и антропогенных воздействий на видовое разнообразие и количественные характеристики пресноводных и морских экосистем. Обсуждались как морфологические, так и трофодинамические

аспекты изучения животного и растительного населения Арктики и Субарктики, дающие большой выход в теоретическую синэкологию.

Структурно работа конференции осуществлялась по 3 проблемным научным секциям: «Теория морской биологии», «Экологическая география и охрана природы» и «Биология и морские отрасли экономики». Обсуждались проблемы структурно-функциональной организации популяций, сообществ и экосистем; биологических адаптаций на всех уровнях организации жизни (в частности, механизмы и закономерности адаптивных стратегий в экстремальных условиях Арктики); климатогенной и антропогенной пространственной и временной динамики биологического разнообразия арктических архипелагов; симбиотических и паразитарных взаимодействий в функционировании морских экосистем. В ходе дискуссий отмечалось, что приоритетное положение занимают исследования, направленные на изучение функционирования водных экосистем, эколого-географических и социально-экономических аспектов рационального природопользования в Арктике, устойчивого развития прибрежных экосистем.

Важным итогом работы конференции явилось обобщение результатов фундаментальных и прикладных исследований арктических морей. Участники конференции отметили необходимость дальнейших исследований природы Арктики по следующим направлениям академической науки: климат и палеогеография плейстоцена; биоразнообразие; трофоценотические, биоэнергетические и популяционно-продукционные исследования; базы данных, моделирование и прогнозирование экосистемных процессов; разработка моделей оптимального арктического и субарктического природопользования, ориентированного на максимальное сохранение биологического разнообразия; биотехнологии аквакультуры; социальная и экономическая география. Особое внимание во время работы конференции было обращено на дальнейшее развитие международного сотрудничества в направлении организации совместных экспедиционных исследований в Арктике, проведение международных научных школ, в рамках которых исследуется биота Арктики, а также на интеграцию академической и вузовской науки.

Всероссийская научная конференция (школа-семинар)

«Прикладные проблемы управления макросистемами»

ИИММ, г. Апатиты, 29 марта-5 апреля 2010 г.

В конференции «Прикладные проблемы управления макросистемами» были представлены работы различной прикладной направленности, но объединенные единой тематикой, в рамках которой исследуемые предметные области представляются в виде макросистем. Конференция проходит при поддержке РФФИ и РАН. Материалы конференции планируется опубликовать в сборнике под общим названием «Труды института системного анализа Российской академии наук».

VII Всероссийская (с международным участием) Ферсмановская научная сессия Геологического института КНЦ РАН и Кольского отделения РМО «Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова», посвященная 80-летию Кольского научного центра РАН

ГИ, г. Апатиты, 2-5 мая 2010 г.

В конференции приняли участие более 70 ученых, часть из них являются сотрудниками институтов Кольского научного центра – Геологического института, Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья, Института проблем промышленной экологии Севера. Выступили с докладами ученые из институтов Москвы (ГЕОХИ, ИМГРЭ), Петрозаводска (Институт геологии КарНЦ РАН), Уфы (Институт геологии Уфимского НЦ РАН). На конференции присутствовали представители вузов г. Апатиты – АФ МГТУ и КФ ПетрГУ, а также государственных университетов городов: Москва, Омск, Воронеж; Ярославский художественный музей, ОАО «МГРЭ». В секции лауреатов академической премии им. А.Е. Ферсмана выступили д.г.-м.н. А.П. Хомяков и д.г.-м.н. О.Б. Дудкин.

Всего в рамках пяти секций: «История науки», «Минералогия месторождений Карело-Кольского региона», «Технологическая, техническая и экспериментальная минералогия», «Доклады лауреатов премии акад. А.Е. Ферсмана» за два дня работы заслушано 29 научных докладов, 14 докладов были представлены в виде стендовых, 15 – заочных. Будет опубликовано более 50 статей.

**IV Региональная молодежная научно-техническая конференция
«Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий»
ИХТРЭМС КНЦ РАН, МГТУ, 7-8 апреля 2010 г.**

На конференции присутствовали порядка 100 слушателей из ИХТРЭМС КНЦ РАН, Мурманского государственного технического университета, в том числе студенты кафедры химии и строительного материаловедения Апатитского филиала МГТУ.

За время работы конференции были заслушаны 2 пленарных и 23 устных доклада, представлены для опубликования в сборнике материалов конференции 25 докладов. В представленных работах освещены результаты исследований легированных иттрием, гадолинием, медью монокристаллов ниобата лития по спектрам КРС. Ряд докладов был посвящен разработке эффективных методов очистки сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов и других загрязнителей. Большое внимание участники уделили научным основам применения карботермического восстановления титаномагнетита с получением чугуна, магнийтермического восстановления пентаоксида тантала, исследованию термического разложения биметаллических комплексных соединений. Были представлены доклады, освещающие результаты работ по разложению нефелинового концентрата, медно-никелевого конверторного шлака, получению новых строительных материалов. В докладах показан высокий уровень научной подготовки участников, актуальность поставленных задач, направленных на решение проблем в области химии и химических технологий.

Состоялись конкурсы научных работ молодых ученых и студентов. Среди молодых ученых победителями стали В. Долматов, Л. Майоров, М. Крыжанов. Лучшими студенческими работами признаны работы А. Гостевой, М. Колотуши, В. Бокаревой. Победители награждены почетными дипломами и денежными премиями.

План конференций на II квартал 2010 г.

**Всероссийская научная конференция с международным участием «Проблемы сохранения биоразнообразия в северных регионах»
ПАБСИ, г. Апатиты, 3 июня 2010 г.**

**Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Уникальные геологические объекты Кольского полуострова»
ГИ, г. Апатиты, 20-23 июня 2010 г.**

**Всероссийская научно-практическая конференция «Уникальные геологические объекты Кольского полуострова: Хибинь»
ГИ, г. Апатиты, 20-23 июня 2010 г.**



Евдокимова Г.Л., Переверзев В.Н., Зенкова И.В., Корнейкова М.В., Редькина В.В. Эволюция техногенных ландшафтов (на примере отходов апатитовой промышленности). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 146 с.

Представлены результаты изучения современных процессов трансформации отходов обогащения апатит-нефелиновых руд (нефелиновых песков) в процессе их биологической рекультивации. Под влиянием длительного (более 40 лет) воздействия растительного покрова и почвенной биоты сформировались почвоподобные образования, несущие первичные признаки почвообразовательного процесса: формирование подстилки, накопление гумусовых веществ и аморфных соединений Si и Al в подподстилочном слое, изменение реакции среды. Прокариотный комплекс новообразованных почв, сформировавшихся на нефелиновых песках, существенно отличается от прокариотного комплекса зональных почв на моренных отложениях. В нем доминируют фамположительные бактерии, в основном, актинобактерии, тогда как в зональных почвах преобладают фамофицательные бактерии. Общими чертами комплексов беспозвоночных в нефелиновых песках являются: низкое биологическое разнообразие, доминирование мелкоразмерных и быстроразвивающихся представителей микро- и мезофауны, зависимость сукцессии микроартропод от сукцессии бактерий и фибов. Эволюция сообществ биоты нефелиновых песков по мере их рекультивации ведет по пути сближения с сообществами прокариотных и эукариотных организмов зональных почв.



Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: тез. докл. Междунар. науч. конф., г. Мурманск, 10-12 марта 2010 г. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 253 с.

Представлены тезисы докладов Международной научной конференции «Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки», проводимой Мурманским морским биологическим институтом КНЦ РАН в марте 2010 г. в г. Мурманске и посвященной 75-летию Института. Сборник материалов конференции включает аннотации 158 сообщений, представленных от имени 52 организаций России и зарубежных стран (Норвегия, Германия, Бельгия, США).

Участниками конференции рассматриваются вопросы биологического разнообразия и продуктивности, морской геологии и палеоэкологии, динамики и эволюции популяций, сообществ и экосистем в условиях климатических изменений и антропогенного пресса. Анализируются методы, а также направления рационального природопользования, охраны водных акваторий, восстановления и сохранения природы Арктики. Представлены основные результаты изучения воздействия промышленной эксплуатации морских месторождений нефти и газа, радиационного и химического загрязнения на морские и прибрежные экосистемы высоких широт.

Митяев М.В., Герасимова М.В. Современные экзогенные процессы. Карельский берег Кандалакшского залива Белого моря. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 102 с.

Охарактеризованы климат, геологическое, геоморфологическое и неотектоническое строение одного из районов Карельского побережья Белого моря. Приведены новые данные по эрозионной деятельности малых водотоков (ручьев) в двух губах Кандалакшского залива и скорости разрушения крупнообломочного материала кристаллических пород в литоральной зоне моря. Установлено, что количество осадочного материала, участвующего в вертикальном потоке вещества, значительно превосходит количество поставляемого в залив взвешенного, аэрозольного и абразионного материала. Приведены данные по составу осадочного материала участвующего в вертикальном потоке вещества, как в море, так и в озерной котловине.

Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей. Ростов-на-Дону: Изд. ЮНЦ РАН, 2010. 280 с.

На основании многолетних исследований с привлечением обширного литературного материала определены особенности структурной организации и функционирования планктонных альгоценозов прибрежных экосистем морей Северной Европы. Предложена модель годового сукцессионного цикла микрофитопланктона. Разработана и представлена в соответствии с фазами сезонных циклов микроводорослей концептуальная схема годового цикла нанофитопланктона высокобореальной зоны. Проанализирована годовая динамика продукционно-деструкционных параметров.

Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе. Ростов-на-Дону: Изд. ЮНЦ РАН, 2009. 500 с.

Монография подготовлена по результатам комплексных исследований в областях экологического сопровождения морского нефтегазового комплекса и организации рационального природопользования в северных и южных морях России в условиях активизации добычи и транспортировки нефтяных углеводородов. Приведены новые данные о геологии нефтегазоносных структур Баренцева и Карского морей. Изучено воздействие пневмоисточников и электроразведки на морских гидрионтов при геофизических работах. Разработаны методики биотестирования буровых растворов нефтяных углеводородов, проведены экспериментальные исследования на морских организмах в лабораторных и естественных условиях. Определены уровни химического загрязнения зонных осадков в прибрежных районах Баренцева моря. Получены новые данные о наиболее уязвимых представителях морской биоты в районах разведки и намечаемой добычи нефти и газа.

Выполнен ряд прикладных разработок, направленных на обеспечение экологической безопасности морской нефтегазодобычи: применение биоактивных сорбентов для борьбы с аварийными разливами нефти в условиях Арктики; разработка математических моделей нефтяного загрязнения водной среды, формирования гидрохимического режима, распространения и осаждения взвешенных веществ; создание водорослевой плантации-биофильтра для защиты прибрежной зоны от нефтяного загрязнения.

Обобщен опыт экологического сопровождения крупных проектов добычи и транспортировки нефти и газа на этапах инженерно-экологических изысканий и ОВОС. Разработаны методология и практические схемы осуществления экологического мониторинга в районах нефтегазодобычи на шельфе. Предложены новые технические решения по использованию ГИС и баз океанологических данных при экологическом сопровождении проектов. Рассмотрены методы и результаты оценки последствий крупнейшей экологической ситуации последних лет – аварии танкеров в Керченском проливе.

Разработаны рекомендации по стратегии рационального природопользования на шельфе, предусматривающие оптимальное сочетание всех видов морской деятельности при сохранении устойчивости морских экосистем.

Стратегические перспективы социально-экономического развития Мурманской области / под науч. ред. акад. РАН В.Т. Калиникова. М.: Экономика, 2009. 320 с.

Представлены результаты научных исследований, которые послужили основой разработки проекта «Стратегии социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года». Приведены как материалы аналитического этапа исследований, включающие характеристику региона, его потенциал, основные тенденции и проблемы его развития, так и итоги оценки стратегических перспектив развития области – результаты разработки сценариев развития, определения системы целей и приоритетов, а также комплекса мер государственного управления по их достижению, перспективных точек роста и факторов инновационного развития Мурманской области.

Север и Арктика в пространственном развитии России: научно-аналитический доклад / под науч. ред. акад. РАН А.Г. Гранберга и чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцева. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 213 с.

Рассмотрены и проанализированы изменения социально-экономической ситуации в регионах Севера и Арктики под влиянием геополитических и геоэкономических факторов, определяющих повышение значения северных территорий для пространственного развития России. Предложены направления социальной, экономической, экологической, инновационной, транспортной и ресурсосберегающей политики на Севере.

Работа подготовлена в соответствии с тематикой V Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2010», а также в рамках Программы Президиума РАН № 24 «Фундаментальные проблемы пространственного развития Российской Федерации: междисциплинарный синтез».

Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения-2010: тез. докл. V Междунар. науч.-практич. конф., Апатиты, 8-10 апреля 2010 г. Апатиты: Изд. КНЦ, 2010. 220 с.

По тематической направленности тезисы докладов сгруппированы в несколько разделов, соответствующих названию параллельных секций, на которых запланировано представление устных и стендовых докладов участников конференции. Большое внимание уделено выявлению наиболее острых социальных, экономических, экологических и институциональных проблем в развитии Севера и Арктики России, оценке сложного и многофакторного процесса перехода к новой инновационной и социально-ориентированной модели развития Севера, с учетом глобальных изменений, обусловленных преодолением последствий мирового финансово-экономического кризиса, и изменением мировой геоэкономической ситуации.

Герасимова Л.Г., Скороходова О.Н. Наполнители для лакокрасочной промышленности / под общ. ред. О.Н. Скороходовой. М.: ЛКМ-пресс, 2010. 224 с.

Производство высококачественных лакокрасочных материалов, соответствующих современным запросам потребляющих отраслей, невозможно без постоянного совершенствования и разработки рецептур, направленных на получение рентабельных материалов, обладающих комплексом ценных свойств. Большинство традиционно используемых наполнителей представляют собой тонкоизмельченные минеральные концентраты с соответствующей поверхностной обработкой. Синтетические наполнители производятся в гораздо меньших объемах.

Для получения минеральных наполнителей используется природное и техногенное сырье. Месторождения с мономинеральным составом руд встречаются достаточно редко. Как правило, сырье имеет поликомпонентный состав, поэтому при его переработке на горно-обогатительных предприятиях, ориентированных преимущественно на выпуск основного продукта, образуется большое количество отходов, при утилизации которых возможно получение композиционных наполнителей с ценными свойствами.

Приведены материалы по производству, свойствам и применению известных минеральных наполнителей (карбонаты, силикаты, сульфаты, кремнеземы), традиционно используемых при производстве лакокрасочных материалов, а также новых функциональных минеральных и синтетических продуктов, обладающих свойствами не только наполнителей, но и пигментов. Эти материалы, на взгляд авторов, могут достойно конкурировать с известными наполнителями, расширив их отечественный рынок.

Монография содержит данные о регионах добычи минеральных наполнителей, а также сведения экономического и справочного характера. Реализация разработанных технологических схем возможна во многих российских регионах и, в частности, на горно-обогатительных предприятиях Мурманской области.

В канун дня 65-летия Победы в издательстве Кольского Научного центра РАН опубликованы воспоминания бывшего директора ПАБСИ КНЦ РАН **Татьяны Алексеевны Козупеевой** – «**В те блокадные годы в Ленинграде**». Воспоминания охватывают короткий отрезок ее большой и трудной жизни. Но именно этот тяжелый и трагический период времени с невероятными лишениями и невосполнимыми потерями и одновременно с глубокой верой в торжество справедливости, сформировал характер Татьяны Алексеевны, раскрыл лучшие стороны ее души и во многом определил ее будущую судьбу.

НАГРАДЫ

Академик МАТИШОВ Геннадий Григорьевич
награжден орденом «Заслуги перед Отечеством» IV степени
(Указ Президента РФ №572 от 13 мая 2010 г.)

Академик Матишов Г.Г. – известный океанолог, специалист в области биологии моря, морской геологии, геоморфологии дна Западной Арктики, автор более 600 научных работ, в том числе 65 монографий и книг. С 1981 г. Г.Г. Матишов – директор Мурманского морского биологического института КНЦ РАН. Под его руководством Институт стал крупным центром по изучению Арктики. Им сформулирована концепция о морских экзогенных процессах в ледниковый период, послужившая основой сложившейся вокруг данного направления исследований научной школы. Уникальными по замыслу и получаемым данным являются экспедиции ММБИ на атомных ледоколах Мурманского морского пароходства по Северному морскому пути, проводимые с 1997 г. Под руководством акад. Матишова Г.Г. впервые созданы детальные батиметрические карты Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана. Проводимые ММБИ экспедиционные работы в Арктике сохраняют присутствие академической науки в Арктике, отстаивая тем самым национальные интересы и национальную безопасность России в этом стратегически важном районе.

Первостепенное значение для развития Мурманской области имеют работы по проблемам биотехнологии: рыборазведение и воспроизводство биоресурсов; создание биотехнических систем для военно-морского флота и морских промыслов. По инициативе Г.Г. Матишова академический институт занял лидирующие позиции в научном сопровождении морских инженерно-экологических изысканий и в оценке воздействия на биогеоценозы Баренцевоморского шельфа и прибрежных вод Кольского полуострова, в контроле и обеспечении радиационной и экологической безопасности при развертывании рыбохозяйственной и нефтедобывающей деятельности в северных морях, в оценке последствий для морехозяйственной деятельности в регионе глобальных изменений климата. В интересах страны и региона Г.Г. Матишов на разных уровнях отстаивает позицию разумного сочетания рыбного промысла и добычи углеводородного сырья при условии соблюдения нефтяниками определенных правил вторжения в экосистемы арктических морей. Под руководством академика Г.Г. Матишова активно ведутся эксперименты по использованию морских млекопитающих в антитеррористических целях на Северном флоте, а также при прокладке подводных газо- и нефтепроводов. При его непосредственном участии созданы Мурманский океанариум (1992), акваполигон «Красные камни» в Сайда губе (2001), биотехнический комплекс в г. Полярный (2007).

Г.Г. Матишов в качестве члена бюро Баренц-секретариата активно содействовал расширению международного сотрудничества Мурманской области со странами Скандинавии в области экологической безопасности, привлечения иностранных инвестиций в совместные программы и проекты исследования Мирового океана. Являясь на протяжении ряда лет советником Губернатора Мурманской области по науке, технической политике и экологии акад. Г.Г. Матишов принимает непосредственное участие в разработке стратегии экономического развития Мурманской области в качестве члена комиссии по экономическому развитию региона.

ЕФИМОВУ Борису Васильевичу
присвоено почетное звание «Заслуженный энергетик РФ»
(Указ Президента РФ № 494 от 20 апреля 2010 г.)

Доктор технических наук Б.В. Ефимов – крупный специалист в области научных и технических проблем надежности эксплуатации оборудования электрических сетей, функционирования и развития региональной электроэнергетики в условиях массового старения оборудования и повышения требований к безопасности эксплуатации.

Б.В. Ефимов автор 130 печатных работ, в том числе 4 монографий. С 2000 года он возглавляет Центр физико-технических проблем энергетики Севера. Под его научным руководством решены

многие актуальные научные задачи в области техники высоких напряжений, грозозащиты линий и подстанций, выполнены исследования перенапряжений в элементах электрических сетей, цепях управления и линиях связи. Создан комплекс новых методов и алгоритмов для расчетов импульсных и квазистационарных процессов в сложных схемах замещения широкого класса высоковольтных электроэнергетических и мощных электрофизических установок. Существенно развита теория волновых процессов в длинных многопроводных линиях, получены новые результаты в теории феррорезонансных явлений в трехфазных сетях, разработаны новые методики расчета наведенных напряжений на линиях электропередачи. На Кольском полуострове были созданы мощные высоковольтные полевые стенды и выполнен ряд уникальных экспериментов по исследованию влияния грунтов с низкой проводимостью на развитие перенапряжений в воздушных и подземных линиях. Б.В. Ефимов является соавтором нормативного документа Минтопэнерго РФ по защите сетей 3-1150 кВ от перенапряжений.

Б.В. Ефимов принимает активное участие в подготовке инженерных кадров для энергетики Мурманской области. Он организовал и возглавляет кафедры «Электроэнергетики и электротехники» в Кольском филиале Петрозаводского государственного университета (КФ ПетрГУ) и Апатитском филиале Мурманского государственного технического университета, руководит соответствующей базовой кафедрой в КНЦ РАН. Кафедрами подготовлено более 300 инженеров-высоковольтников, подавляющее большинство из которых работают по избранной специальности.

ПАЦИЯ Евгении Яковлевне

присвоено почетное звание «Заслуженный работник культуры РФ»

(Указ Президента РФ № 423 от 12 апреля 2010 г.)

Заведующая сектором Центра гуманитарных проблем Баренц-региона КЦН РАН Е.Я. Пация работает в культурной и просветительской сферах Мурманской области более 35 лет. В научных изданиях и периодической печати ею опубликовано более 40 работ, посвященных историко-культурным аспектам жизни коренных этносов Севера. Она является автором антологии саамских сказок (1987), двух книг для детей – «Невеста солнца» и «Семилетний стрелок из лука». Высокую оценку саамской общественности Мурманской области и Скандинавии получило издание на русском и саамском языках учебного пособия «Саамское рукоделие». Е.Я. Пация участник ряда проектов по изучению истории и этнографии, регистрации и картографированию памятников культуры саамов-скольтов в России, Северной Норвегии и Финляндии.

Она была одним из создателей Музея-архива истории изучения и освоения Европейского Севера, открывшегося в 1977 г. при Северном филиале Географического общества СССР и с 1985 г. состоящего в составе КФАН СССР/КНЦ РАН. Е.Я. Пация внесла большой личный вклад в разработку и создание новых музейных экспозиций. Музей-архив превратился в важный региональный центр просветительской, культурно-воспитательной, образовательной и научной работы в области истории, этнографии и социологии. В музее ведется большая общественно значимая работа по выявлению и сохранению культурного наследия коренных и старожильческих народов Кольского п-ова (саамов, коми, поморов), а также музеефикации архивных документов по истории научных исследований и освоения Европейского Севера.

КНЦ РАН – ЦИФРЫ И ФАКТЫ, 2009

На 01.01.2010 г. штатная (нормативная) численность работающих в КНЦ составила 1 тыс. 465 чел., в том числе 651 научный сотрудник. В КНЦ работают 4 академика, 3 члена-корреспондента РАН, 94 доктора и 293 кандидата наук.

В 2009 г. в связи с истечением сроков полномочий прошли выборы председателя Центра и ряда директоров институтов. Переизбраны Председатель Центра (акад. В.Т. Калинин), директора: ИХТРЭМС (акад. В.Т. Калинин), Горного института (акад. Н.Н. Мельников), Полярного геофизического института (д.ф.-м.н. Е.Д. Терещенко). Постановлением Президиума РАН № 133 от 19.05.2009 г. утвержден на 5 лет президиум Центра в следующем составе: три заместителя председателя Центра (д.т.н. Б.В. Ефимов, д.т.н. В.А. Маслобоев, д.г.-м.н. В.П. Петров), главный ученый секретарь президиума Центра (к.г.-м.н. А.Н. Виноградов) и 13 представителей институтов Центра (академики РАН Г.Г. Матишов, Н.Н. Мельников, Ф.П. Митрофанов, члены-корреспонденты В.К. Жиров, А.И. Николаев, доктора наук Ю.Л. Войтеховский, В.Е. Иванов, А.А. Козырев, Ф.Д. Ларичкин, П.Р. Макаревич, В.А. Путилов, В.С. Селин, Е.Д. Терещенко).

Базовая тематика НИР КНЦ на 2009 г. включала 128 тем и обеспечила дополнительно выполнение 75 проектов по 32 программам фундаментальных исследований Президиума и профильных Отделений РАН, 18 проектов по 7 федеральным программам; 77 проектов РФФИ и РГНФ. Помимо этого по контрактам с производственными организациями и административными структурами выполнено 120 прикладных разработок на сумму свыше 60 млн рублей.

Грантом Президента РФ на поддержку ведущих научных школ поддерживалась научная школа акад. В.Т. Калиникова – «Принципы и методы создания микро- и наноразмерных структур в монокристаллах и композитах на основе редких и цветных металлов для применения в электронной технике, катализе и в качестве сорбентов». Гранты Президента РФ для государственной поддержки молодых ученых на 2009-2010 гг. получили д.э.н. Т.П. Скуфьина («Сценарий социально-экономического развития регионов Севера РФ»), ИЭП КНЦ РАН; к.б.н. В.Г. Дворецкий («Изменчивость зоопланктона арктических морей»), ММБИ КНЦ РАН. По грантам Фонда содействия отечественной науке на 2008-2009 гг. работали д.т.н. Д.В. Макаров, д.т.н. А.В. Горохов, к.т.н. А.А. Рыженко, к.ф.-м.н. П.Г. Чуфырев.

Президиум РАН присудил в 2009 г. премию им. акад. С.С. Смирнова акад. Ф.П. Митрофанову и к.г.-м.н. А.У. Корчагину за цикл работ по геологии Кольской платиноносной провинции.

Результаты работ КНЦ РАН отражены в 2,1 тыс. публикациях общим объемом 1913 п. л., в том числе издано: 27 монографий, 22 тематических сборника статей и материалов конференций; 320 статей опубликовано в признанных ВАК российских журналах и 88 – в зарубежных журналах. Удельный коэффициент публикуемости 3,8 публикации на 1 научного сотрудника. На конференциях и семинарах представлено 1267 докладов, в том числе 584 доклада сделаны на международных мероприятиях в РФ и за рубежом. Подано 16 заявок и получен 21 охранный документ РФ на изобретения, зарегистрировано открытие 3 новых минеральных видов (стронциофлюорит, полежаевит-(Ce) и эллингсенит).

В ежегодном конкурсе монографий и научных трудов, направленных на социально-экономическое и инновационное развитие Мурманской области в 2009 г., в призерах отмечены 3 работы сотрудников КНЦ: "Метаморфизм и рудогенез в платиноносном Панском интрузивном массиве (Кольский полуостров)" (авторы Волошина З.М., Каржавин В.К., Петров В.П., 1 место в номинации "Технические и естественные науки"), "Химический состав растений в экстремальных условиях локальной зоны комбината "Североникель" (авторы Кашулина Г.М., Салтан Н.В., 2 место в номинации "Технические и естественные науки"), "Экономические условия и инновационные возможности обеспечения конкурентоспособности месторождений углеводородного сырья арктического шельфа" (авторы: Селин В.С., Цукерман В.А., Виноградов А.Н., 2 место в номинации "Экономические и гуманитарные науки"), а в ежегодном конкурсе научных работ молодых ученых и специалистов Мурманской области в 2009 г. – 2 работы (авторы: Беляев Ю.О., Горяева А.А.). Лауреатами конкурса Фонда развития отечественного образования на лучшую научную книгу стали книги: «Региональная экономика и экономическая география: учебное пособие» (авторы: Самарина В.П., Скуфьина Т.П., Черникова А.А.) и двухтомная монография «Антропогенные изменения водных систем Хибинского горного массива (Мурманская область)» (авторы: Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Малиновский Д.Н., Вандыш О.И., Ильяшук Б.П.,

Кудрявцева Л.П.). Пять разработок ученых КНЦ отмечены наградами международных и всесоюзных выставок.

В связи с утверждением Президентом РФ новой государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу в план действий РАН по реализации национальной Арктической доктрины предложен пакет из 44 целевых проектов по научному обеспечению устойчивого развития Арктической зоны России.

Укрепляется статус Научной базы «Баренцбург», геофизической обсерватории ПГИ КНЦ и биостанции ММБИ КНЦ на арх. Шпицберген. В 2009 г. эти объекты стали опорными для формирующегося здесь в рамках ФЦП «Мировой океан» Российского национального исследовательского центра. Президиум РАН выделил Кольскому научному центру 3 целевых штатных единицы для увеличения объемов круглогодичных работ на архипелаге. В рамках работ по Программе правительственной комиссии по обеспечению российского присутствия на арх. Шпицберген успешно проведены международный семинар в Баренцбурге «Состояние и перспективы геофизических исследований на архипелаге Шпицберген» и IX Международная конференция «Комплексные исследования архипелага Шпицберген».

КНЦ является одним из главных центров подготовки для Баренц-региона высококвалифицированных специалистов для научной и производственной сферы. Во взаимодействии с государственными вузами региона поддерживается 19 базовых кафедр, возглавляемых ведущими учеными Центра; более 230 сотрудников КНЦ ведут в вузах учебные курсы. При президиуме и институтах КНЦ работают 7 научно-образовательных центров. В аспирантуре КНЦ осуществляется подготовка специалистов по 36 специальностям, общая численность обучающихся составила 152 человека. При КНЦ действует 4 специализированных научных совета по защите докторских и кандидатских диссертаций. Сотрудниками КНЦ за год защищены 21 кандидатская и 2 докторских диссертации (А.М. Калинин, В.А. Матвеев).

КНЦ сотрудничает со 110 организациями из 50 стран мира, с которыми выполняются 65 научных проектов, в том числе 28 по грантам и контрактам. Состоялось 214 выездов в зарубежные командировки (138 чел.), в КНЦ принято 123 зарубежных специалиста. Оперативное информационное взаимодействие кольских ученых с российскими и европейскими научными центрами обеспечено проведением на базе КНЦ 22 научных мероприятий (конференций, семинаров, школ) международного, общероссийского и регионального уровня.

Вышли в свет пилотный выпуск журнала «Вестник Кольского научного центра РАН» и второй том «Кольской энциклопедии». В «Вестнике КНЦ РАН» опубликовано 17 проблемных статей по основным направлениям деятельности Центра, а также помещены информационные материалы, характеризующие различные стороны жизни регионального научного центра. Работа по «Кольской энциклопедии» рассматривается как одна из приоритетных задач просветительской деятельности Центра. В составлении статей и редактировании второго тома приняли участие более 30 сотрудников КНЦ. В томе отражена обзорная информация обо всех научных подразделениях Центра и об ученых РАН (более 200 чел.), внесших весомый вклад в изучение Севера.

Более 50 сотрудников КНЦ отмечены грамотами, благодарностями, почетными знаками РАН, министерств и ведомств, администрации области и городов области.

Президиум КНЦ РАН удостоил Дипломов почета и медалей «За личный вклад в исследование и развитие Севера» чл.-корр. Т.И. Моисеенко, к.э.н. Е.П. Башмакову, к.г.-м.н. А.Н. Виноградова, к.г.-м.н. М.И. Дубровского, д.т.н. Б.В. Ефимова, д.т.н. В.И. Захарова, к.г.-м.н. Е.А. Каменева, д.т.н. А.В. Ловчикова, д.т.н. В.А. Маслובהва, к.т.н. А.Ф. Усова.

80



КРАСНОСЕЛЬСКИЙ Эрнест Борисович

к.г.н. (1966), ст.н.с. (1977) Горного института. В Кольском научном центре с 1967 г.

Специалист в области физико-технических основ и поведения сыпучей среды в сложных орографических и гляциоклиматических условиях с повышенным выпадением твердых осадков.

За время трудовой деятельности им лично и под его научным руководством выполнен ряд комплексных научно-исследовательских работ, связанных с защитой карьеров Мурманской области от снежных лавин, разработкой высокоэффективной технологии отвалообразования на карьерах ОАО «Апатит» и Удоканском месторождении медистых песчаников.

Э.Б. Красносельский является авторитетным и высококвалифицированным специалистом, получившим признание в научно-исследовательских и проектных институтах, а также на горных предприятиях. Его научные труды, монографии и крупные обобщающие статьи по расчету предельных параметров устойчивых нагорных отвалов в условиях Хибин, градициям критериев скорости деформации нагорных отвалов, определению степени их безопасности стали основой для разработки технологии отвалообразования на карьерах в сложных орографических и гляциоклиматических условиях.

Э.Б. Красносельским написано более 100 научных работ, его теоретические исследования внедрены в практику работы горно-обогатительных предприятий Мурманской области и полностью обеспечили безопасную эксплуатацию действующих отвалов.

Достижения Эрнеста Борисовича были отмечены государственными наградами, дипломами, грамотами и знаками отличия за плодотворную научную деятельность, результаты его исследований неоднократно включались в число важнейших достижений Отделения наук о Земле Российской академии наук. Э.Б. Красносельский является лауреатом премии ОАО «Апатит».



Юбилеры

75



МИТРОФАНОВ Феликс Петрович

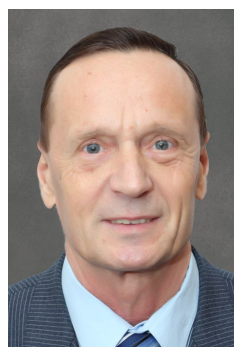
Д.г.-м.н (1975), профессор (1996), академик РАН (2000). До 1985 года работал в Институте геологии и геохронологии докембрия АН СССР/РАН, где он прошел должностной путь от ст.лаборанта-исследователя до зам. директора Института. Будучи представителем ленинградской научной докембрийской школы акад. А.А.Полканова - чл.-корр. К.О.Кратца, внес значительный вклад в разработку теоретических вопросов геологии, петрологии и геохронологии раннего докембрия, особенно его особой геодинамики и специфических магматических и ультраметаморфических формаций.



Юбилей

С 1986 по 2007 годы Ф.П.Митрофанов возглавлял Геологический институт Кольского научного центра АН СССР/РАН. Область его научных интересов как руководителя лаборатории геодинамики докембрия и центра изотопных геохронологических и геохимических исследований существенно пополнилась фундаментальными проблемами геокартирования раннего докембрия, его детальной изотопной геохронологии и геохимии, геодинамических особенностей развития и новой металлогении. За новый вариант (1996 г.) Геологической карты Кольского региона масштаба 1:500000, составленной на основе реперных изотопно-возрастных данных с использованием ГИС, Ф.П. Митрофанову присуждена премия РАН имени акад. А.Д. Архангельского. (1999 г.). В рамках возглавляемых Ф.П. Митрофановым отечественных и международных научных проектов выполнены приоритетные исследования архея по керну Кольской сверхглубокой скважины, а также изучение Восточно-Скандинавской обширной магматической провинции плюмовой природы эпохи 2.5-2.4 млрд лет, особенно ее расслоенных базитовых интрузивов и их малосульфидной минерализации. Результаты многолетних комплексных исследований этих образований, кроме важных фундаментальных геодинамических и петрологических решений, увенчались "научным обоснованием, открытием и изучением ряда платинопалладиевых месторождений нового типа..." в обнаруженной Кольской платинометалльной провинции. За эти достижения академику Ф.П. Митрофанову и к.г.-м.н. А.У. Корчагину присуждена премия РАН имени акад. С.С. Смирнова (2009).

С 2007 года Ф.П. Митрофанов - советник РАН, член Бюро ОНЗ РАН и Президиума КНЦ РАН, научный руководитель металлогенических, геодинамических и изотопных исследований ГИ КНЦ РАН. Своим приоритетом он считает руководство учебным и воспитательным процессом основанной и руководимой им с 1996 года кафедры геологии и полезных ископаемых Мурманского государственного технического университета, подготовку бакалавров, магистров, аспирантов и докторантов - молодых кадров новой российской геологии.



ЕПИМАХОВ Юрий Александрович

д.т.н. (1989), зав. лабораторией (1989) Горного института. В Кольском научном центре с 1977 г.

Область научных интересов – разработка научных основ интенсификации строительства крупномасштабных подземных комплексов специального назначения и повышение степени их защиты от мощных динамических воздействий; проблемы диагностики состояния и устойчивости гидротехнических сооружений Кольского п-ова, для которых он вместе с сотрудниками лаборатории разработал ряд методических указаний и рекомендаций.

Ю.А. Епимахов ведет преподавательскую деятельность в качестве профессора кафедры горного дела Мурманского государственного технического университета, является членом комиссий по приему гос. экзаменов, руководителем дипломных проектов студентов.

Ю.А. Епимахов входит в состав Научного совета по проблемам использования подземного пространства и подземного строительства РАН, диссертационного Ученого совета Д002.029.01 и Ученого совета института.

Он неоднократно являлся научным консультантом и руководителем соискателей на степень доктора и кандидата технических наук.

Им лично и в соавторстве опубликовано более 116 печатных трудов, в т.ч. 15 монографий, получено 35 авторских свидетельств на изобретения.

За творческий вклад в науку и производство Ю.А. Епимахов в 1989 г. стал лауреатом премии Совета Министров СССР в области горного дела. За долголетний труд и творческий вклад в науку и практику Ю.А. Епимахов награжден медалью «Ветеран труда», знаком «Почетный полярный строитель», знаком «Шахтерская слава III степени», почетными грамотами Президиума РАН и КНЦ РАН.



КОЗЫРЕВ Анатолий Александрович

д.т.н. (1993), профессор (2002), «Заслуженный деятель науки РФ» (1999). В Кольском научном центре с 1962 г., с 1991 г. зам. директора Горного института по научной работе.

Область научных интересов – исследование напряженного состояния пород в верхней части земной коры, прогноз горных ударов, обоснование безопасной отработки месторождений полезных ископаемых и подземного строительства в скальных

высоконапряженных массивах. Под руководством А.А.Козырева получила развитие концепция формирования полей напряжений различного иерархического уровня в блочных скальных массивах, созданы научные основы прогноза динамических проявлений горного давления при отработке рудных месторождений, обоснованы мероприятия по выведению из удароопасных условий массива пород на разных стадиях отработки месторождений. Инициировано и обосновано новое направление в горной науке – проявление техногенной сейсмичности при ведении крупномасштабных горных работ. Выявлены информативные предвестники техногенных землетрясений в геомеханическом пространстве рудников, механизмы их реализации, обоснованы и внедрены в практику способы управления напряженно-деформированным состоянием массива пород. Заметным вкладом в науку и горную практику являются разработки по обоснованию крутых углов откосов бортов карьеров в скальных тектонически напряженных массивах с существенным снижением затрат на вскрышные работы и вовлечением в эксплуатацию дополнительные объемы руды за счёт углубления карьера.

А.А. Козырев автор более 350 печатных работ, в том числе 9 монографий, 40 работ в зарубежных изданиях, 13 изобретений. Им и его коллегами создана научная школа по проблеме техногенной сейсмичности при ведении горных работ. Реализованы идеи создания автоматизированной информационной системы для моделирования развития горнодобывающих предприятий региона, обоснования прогрессивных технологий отработки глубоких горизонтов рудников в удароопасных условиях, обеспечивающих безопасность и эффективность горного производства. Разработано более 40 различных проектов для горнодобывающих предприятий Кольского п-ова и других регионов страны, выполнен ряд международных проектов по горным работам и захоронению радиоактивных отходов. В составе авторских коллективов ему присуждена Государственная премия СССР в области науки и техники (1989), Премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники (2000).

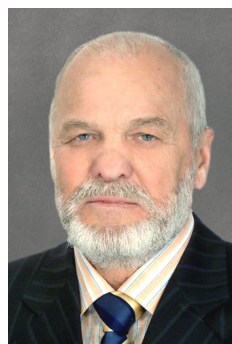
А.А. Козырев ведет большую научно-организационную и преподавательскую работу, являясь членом Президиума Кольского научного центра РАН, профессором Кольского филиала Петрозаводского Государственного университета. Им подготовлено более 10 кандидатов и докторов наук. Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2 степени.



Юбилары



Юбилеи



ЛАРИЧКИН Федор Дмитриевич

д.э.н. (2004), профессор (2006), директор Института экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН (с 2005). В Институте экономических проблем КНЦ РАН с 1993 г.

Специалист в области экономики комплексного использования минерального сырья и рационального недр(природо)пользования. На основе теоретических изысканий, моделирования и обобщения практики переработки многокомпонентного сырья различного состава выявил специфические особенности и закономерности комплексного использования минерального сырья; разработал новую методологию обоснования эффективности извлечения каждого (в т. ч. дополнительного) полезного компонента и комплексного использования сырья, ресурсов недр в целом, а также количественной оценки достигнутого уровня и резервов комплексного использования ресурсов. Обосновал методику определения предельных (браковочных) содержаний каждого компонента из ценных составляющих сырья, позволяющую расширить промышленные контуры, увеличить извлекаемость комплексных руд, повысить уровень рентабельности разработки месторождений. Выявил закономерности комплексного использования минерального сырья и формирования затрат на производство отдельных видов продукции. Доказал возможность широкого и долгосрочного использования конкурентной стратегии низких цен (ценового прорыва) на продукцию комплексных производств. Предложил концептуальные подходы к обоснованию продуктовой диверсификации и экономического роста горнопромышленных предприятий за счет комплексного использования минерального сырья; теоретически обосновал основные элементы рациональной системы недропользования, экологизацию и экономический рост минерально-сырьевого комплекса (МСК) и сырьевой экономики России при ограничении объемов добычи первичного минерального сырья.

Результаты исследований нашли применение при разработке и реализации программ текущего и перспективного планирования деятельности горнопромышленных предприятий свинцово-цинковой, горно-химической (фосфатной) промышленности и регионального МСК Мурманской обл. с высокой экономической эффективностью. Автор более 230 публикаций, в т.ч. 18 монографий (из них 3 без соавторов), является одним из авторов учебника для вузов с грифом Минобразования (2 издания), учебного пособия, 4 брошюр и около 200 статей и 1 авторского свидетельства на изобретение. Член Ученого и диссертационного советов ИЭП (с 2001), докторского диссертационного совета Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета) (с 2007), член Межведомственного Северо-Западного координационного совета при РАН по фундаментальным и прикладным исследованиям (с 2007), член Ученого совета Института проблем региональной экономики РАН (с 2009), эксперт России по недропользованию, действительный член (академик) Международной академии регионального развития и сотрудничества (МАРС), член президиума КНЦ (с 2006), член редколлегий четырех научных журналов. Подготовил 5 кандидатов экономических наук. По совместительству – доцент (с 1995), профессор и зав. кафедрой Филиала СПбГИЭУ (с 1997), разработал учебно-методический комплекс и ввел в рабочую программу новую учебную дисциплину – «Экономика комплексного использования минеральных ресурсов» для студентов старших курсов экономических специальностей.

Ветеран труда, награждался Почетной грамотой РАН (1999), Почетной грамотой губернатора Мурманской обл. (2005, 2007), Почетной грамотой КНЦ (1996, 1999, 2006, 2010).



ТАРАСОВ Геннадий Антипович

д.г.-м.н. (1998), профессор. Заслуженный деятель науки Российской Федерации (2002). В Мурманском морском биологическом институте КНЦ РАН с 1965 г.

Специалист в области исследования четвертичных отложений шельфа западно-арктических морей. Основатель научной школы седиментологии в ММБИ. Под его руководством и при непосредственном участии успешно проведены десятки комплексных морских и береговых экспедиций в труднодоступные районы Российской Арктики, что позволило существенно дополнить представления о ее природе. В многочисленных экспедициях собрал обширный материал, тщательная обработка которого позволила получить ценные выводы по стратиграфии четвертичных отложений и палеогеографии шельфа арктических морей. Предложил научную концепцию о грандиозной роли потоков талых ледниковых вод плейстоценовых оледенений в формировании морфо- и литогенеза полярных морей, которая может претендовать на новое научное направление в четвертичной геологии полярных морей. Ведет большую научно-исследовательскую работу по международным проектам совместно с учеными США, Германии, Польши в области изучения истории развития арктических шельфов в плейстоцене. Как заместитель директора Института по экспедиционным работам активно способствует развитию и укреплению научных связей с морскими организациями Мурманска, других городов России, а также зарубежья, укрепляя научно-экспедиционный потенциал Института. Автор более 160 научных работ, включая 4 монографии, статьи в отечественных и зарубежных изданиях. Член Ученого совета ММБИ.

Лауреат Премии Правительства РФ (2005). Награжден орденом Почета (2008), Почетной грамотой РАН (1999), Почетной грамотой губернатора Мурманской области (2010).



ШУМИЛОВ Олег Иванович

д.ф.-м.н. (2002), гл.н.с. (2004). В Кольском научном центре с 1975 г.

Область научных интересов – магнитосферная физика, радиофизика, климатология, дендрохронология, физика и химия атмосферы (озон, аэрозоли, атмосферное электричество), инфразвук, гелиобиология. Основные циклы работ посвящены следующим проблемам: исследование различных типов аномального поглощения космического радиоизлучения в связи с физическими процессами в солнечном ветре и магнитосфере Земли; моделирование физических процессов в атмосфере и магнитосфере Земли; открытие и исследование кратковременных понижений общего содержания озона во время вторжений высокоэнергичных солнечных протонов; разработка механизма воздействия космофизических факторов (солнечная радиация, космические лучи) на климат Земли; исследование изменений палеоклимата Сибири, европейской части России и Фенноскандии по дендрохронологическим данным; исследование механизмов генерации и распространения инфразвуковых колебаний в полярной атмосфере интегрированными методами; изучение изменений электрических параметров атмосферы в высоких широтах под действием гелиогеофизических факторов; исследование воздействия солнечной активности на уровень экстремальных ситуаций у людей, живущих в полярной шапке и высоких широтах. Автор более 350 научных трудов, большая часть которых опубликована в отечественных и зарубежных реферируемых изданиях.

Годы войны и блокады провел в осажденном Ленинграде. Мастер спорта СССР по альпинизму, чемпион СССР по альпинизму. Награжден 3 памятными ветеранскими медалями, Почетной грамотой губернатора Мурманской обл. (2005).



Юбилеи

NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

Gershenkop A.Sh., Hohulya M.S., Mukhina T.N.

TECHNOGENIC RAW MATERIAL PROCESSING IN THE KOLA PENINSULA

Murmansk region is notable for its developed mining industry. There are several operating processing plants working with copper-nickel, apatite-nepheline, apatite-magnetite, iron and mica ores, rare metal ores; there are wastes of some billion tons stockpiled in active and conserved tailing ponds. Moreover there are overburden rock dumps. This results in large technogenic deposits with stockpiled mined out raw materials, for the most part already beneficiated. The paper shows possibilities of obtaining various concentrates from technogenic raw materials of operating mining enterprises and directions of its possible utilization.

Keywords: technogenic raw materials, beneficiation, comprehensive use, flotation, gravity, magnetic and electric separation, concentrates, utilization

Savchenko S.N., Kozyrev A.A.

ABSTRACT TO THE ARTICLE ROCK STRESS STATE IN SYSTEM “FAULT – BARRIER – FAULT”

The regularities of stress-strained state formation for rock mass with various joint system have been studied based on numerical (finite element method) and physical (using equivalent material) modelling. There have been established the peculiarities of destruction of barrier zones that divide fractures.

Keywords: stress, rock mass, faulting, barrier zone

Urbanavichus G.P.

BIOGEOGRAPHIC REVIEW OF LICHENS DIVERSITY OF THE MURMANSK REGION

1175 species of lichens, non-lichenized lichenicolous and allied saprophytic fungi was found in the Murmansk Region. The biological, geographical and systematic of lichen flora data are summarized. Key bounds of distribution of lichens on the Kola Peninsula and adjacent territories are present. The most part of lichen flora (more than 70% of species composition) are species with circumpolar and circumboreal ranges. Estimate of the occurrence in the Murmansk Region about 1500-1600 species of lichens is given by on analysis of lichens geography and diversity in the Northern Europe. *Collema subnigrescens* Degel. and lichenicolous species *Dactylospora glaucomarioides* (Willey ex Tuck.) Hafellner, *Phacographa glaucomaria* (Nyl.) Hafellner, and *Stigidium pumilum* (Lettau) Matzer & Hafellner are reported for the first time for the Murmansk Region.

Keywords: lichens, diversity, biogeography, Murmansk Region

Kuklin V.V.

MULTIYEAR STUDIES OF FAUNA AND ECOLOGY OF PARASITES OF THE BARENTS SEA BIRDS AND INTERRELATIONS IN THE “HELMINTHS-SEA BIRDS” SYSTEM

The data on composition, ecology and dynamics of the helminthfauna of birds of the Barents Sea by results of parasitological researches carried out in 1991-2009 in Murman Coast, Novaya Zemlya, Franz Josef Land and Spitsbergen are generalized. The peculiarities of helminthes fauna composition of birds in different parts of the Barents Sea is traced. Besides, local differences in the degree of infection by helminths of some bird species in the East Murman are described. On the example of the Seven Islands Archipelago the analysis of long-term changes of helminthfauna of birds by results of comparison of the current materials with data of the analogous investigations carried out of M.M. Belopolskaya in 1940-1941. By results of researches of the gulls, genus *Larus*, the main tendencies in seasonal dynamics of helminthfauna of birds in the spring-autumn period are determined. On the basis of the results of both field and experimental investigations the problems of infection by helminthes impact on the metabolism parameters in the seabirds are investigated, peculiarities of biochemical processes in the organisms of the final host at the development of the cestode and trematode invasion are determined. The further prospects of parasitological studies of the birds of the Barents Sea are also determined.

Keywords: helminths, seabirds, seasonal and long-term dynamics, biochemical parameters, host-parasiteinteraction

Belisheva N.K., Vinogradov A.N., Chernous S.A., Vashenyuk E.V., Tsymbaljuk N.I.

MEDICO-BIOLOGICAL RESEARCH IN SPITZBERGEN AS AN EFFECTIVE APPROACH TO THE STUDY OF BIOEFFECTIVENESS OF SPACE WEATHER

The possibilities of performing of complex, interdisciplinary medico-biological and geophysical research at archipelago Spitzbergen for study of bioeffectiveness of space weather are discussed. The uniqueness of archipelago Spitzbergen for conducting of medico-biological investigation is explained. The results of analysis of morbidity dynamics in Russian settlements from 1980 to 2008 years at Spitzbergen are shown and the correlation between of morbidity and the space weather are demonstrated.

Keywords: medico-biological research, space weather, archipelago Spitzbergen

Evdokimova G.A., Pereverzev V.N., Zenkova I.V., Korneykova M.V., Redkina V.V.

EVOLUTION OF TECHNOGENIC LANDSCAPES BY THE EXAMPLE OF TAILING DUMPS OAO «APATIT»

A primary soil-forming process can take place on the concentration waste of apatite-nepheline ores, whose biological recultivation was carried out more than 40 years ago. This process is characterized by the following features: forming of a thin litter with the content of organic carbon at the level of 8-12%, accumulation of humic substances in the sub-litter layer and the change of pH values. Microorganisms are biocatalysts of primary soil formation processes and one of the main factors, that determine the specificity of this process. The prokaryotic complex of the newly formed soils, generated from nepheline sands, is considerably different from that of zonal soils on moraine sediments. The former ones are dominated by gram-positive bacteria, mainly actinobacteria, as well as by their filamentous forms (actinomycetes), whereas the latter ones are dominated by gram-negative bacteria. A common feature of invertebrate's complexes in nepheline sands is the low species diversity, small-size and quickly development of microfauna and mesofauna representatives and the dependence of succession of microarthropods pioneer groups on the succession of bacteria and fungi. The recultivation of nepheline sands, carried out 40 years ago, provided prerequisites for the formation of complexes of bacteria and micromycetes, typical for regional podzolic soils.

Keywords: soil-forming process, nepheline sands, organic matter, soil biota

Denisov D.B.

ALGAE COMMUNITIES' ECOLOGICAL PECULIARITIES IN POLYTYPIC SUBARCTIC WATER OBJECTS

Species composition and structure of the phytoplankton and phytoperiphyton of the polytypic water objects from the different landscapes of the Kola Peninsula have been researched. For the first time algae communities from the tundra and forest-tundra zone lakes of the Barents Sea have been analyzed. The regularities of the water quality forming and alga communities' development under mountain enterprises pollution were revealed. The main algae communities ecology factors were determined. It was shown, that the present day water quality indexes, based on algae, strongly depends on correlation between toxic and biogenic pollution. Modern polytypic lakes trophic state changes trends were investigated.

Keywords: algae communities, chlorophylls content, saprobic index, water quality

Terent'ev P.M., Kashulin N.A.

INVESTIGATION OF THE SPATIAL AND TEMPORAL PARTICULARITIES OF THE HEAVY METALS ACCUMULATION IN WHITEFISH FROM THE WATERBODIES OF THE NORTH FENNOSCANDIA

The regularities of the heavy metals accumulation in whitefish of the Northern Fennoscandia under the long-term industrial pollution were investigated. It was established that the accumulation of priority pollutants in fish has the gradient character. The analyses of concentration of metals in the most sensitive load-dependent target-organs revealed that the freshwater ecosystems status of the region have no significant improvements despite the major decreasing of industrial activity at the end of the last century and sequential recent decline of industrial emissions. The new tendency of the increasing of mercury accumulation in fish of investigated waterbodies was determined. This may be an evidence of the global character of distribution of this element in subarctic areas.

Keywords: heavy metals, industrial pollution, whitefish, North Fennoscandia

THE KOLA NORTH – PROBLEMS AND SOLUTIONS

Melnikov N.N., Busyrev V.M.

POTENTIAL POSSIBILITIES OF THE RESOURCE-BALANCED DEVELOPMENT OF A MINERAL-RAW MATERIAL BASE

There was suggested the concept and the methods of key tasks solution of subsurface resources management with observance of balance of economic interests of the state – owner of subsurface resources and the mining industry as a basis of efficient use of the mineral-raw-material base.

Keywords: concept, resources cost, key tasks of subsurface resources management, methods of solution, balance of interests

Sorohtin N.O., Kozlov N.E., Kulikov N.V., Glaznev V.N., Chikirev I.V.

OIL AND GAS BARENTS-KARA SHELF IN RUSSIA AND FORECAST OF SEARCH CRITERIA FOR HYDROCARBON RAW MATERIALS IN THE COASTAL ZONE OF THE KOLA REGION

Four periods of the oil and gas formation are defined within the Barents-Kara region, when a number of large regularly distributed oil and gas deposits of huge general potential formed. Along with previously discovered and half-prospected large and unique oil and gas deposits within the above provinces, three areas that seem promising for hydrocarbon raw material and had no sufficient study were defined. Provided that they reveal industrially significant concentrations, these may essentially increase the oil and gas potential of the region. It is the northernmost part of the Murmansk region within the Rybachiy Peninsula and just about the centre of the region, the Franz Josef archipelago area and the Northern Kara shelf. It is assumed, that discovering hydrocarbon deposits in the first two of these areas are currently most vital. The oil and gas potential of the North-Western Kola Peninsula are given a more detailed study

Keywords: gas and oil content, Barents-Karsky shelf, geodynamic evolution, gas and oil-bearing provinces

Kotomin A.B.

THE EURO-ARCTIC GAS CLUSTER FORMING PERSPECTIVES ON THE TERRITORY OF THE BARENTS REGION

Analysis of the situation in Euro-Arctic gas economic sector with consideration of probably achievements and risks of the regional cooperation allow to hope for forming of an innovation gas cluster in Barents region frames. In this case realization of the Shtokman project in the part of LNG complex creation can be transfer from distant perspective to the stage of direct realization.

Keywords: gas cluster, Barents region, Shtokman, LNG

Selin V.S., Zuckerman V.A.

INNOVATIVE TRENDS AS A FACTOR PROVIDING A SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ECONOMY OF THE NORTH

Complex analysis of the existing positive and negative tendencies in the economy of Russian northern regions was carried out and an evaluation of influence of new technologies on structural changes in socio-economic development was given. The main external and internal factors influencing the scientific-technical and innovation potential of the northern regions are considered. It has been shown that under the conditions of production fluctuation, declining investment activities and lack of an active state industrial policy in the field of innovation, the measures on the economy restructuring did not result in production modernization on the basis of advanced technologies ensuring competitiveness of all components of products along the whole technological chain of their manufacturing.

Under such conditions the main goal of innovation industrial policy should be creation of efficient mechanisms of stimulating technological modernization of priority directions of production development, serving as some "growth points" for other branches of the regional economy. Analysis of factors influencing formation and functioning of the innovation field indicates both directions for the state initiatives on support of innovations and the necessity to elaborate criteria for evaluation of innovation activities. Specificity of economy of northern regions require urgent solutions to questions connected to uniting efforts of participants of the innovation process for elaboration and realization of regional strategic priorities of industrial policy. Conceptual bases of development strategy in northern regions based on the transition from the resource model to the innovation-technological one are worked out.

Possibility and expediency of forming production clusters in the North are substantiated, and their role in developing hydrocarbon resources of the Arctic shelf is shown. The situation being formed is first of all connected to the shelf development and gives all preconditions for the Murmansk region and other regions of the North to become one of the centers of cluster dynamics in the Russian Federation already in the nearest 10 years. The main direction of this dynamics will be technological processes and engineering, connected to searching, prospecting and extracting works on the Arctic shelf as well as with processing of natural gas to finished products with high value added. Another important direction will be raising competitiveness of transportation services, especially those oriented to exports and imports. The main link of formation of high-tech centers will be special economic zones. Measures on forming high-tech clusters are proposed to authorities of the northern regions.

Keywords: innovative industrial policy, model, the North, infrastructure, cluster

Minin V.A.

RESOURCE OF NONCONVENTIONAL AND RENEWABLE SOURCES OF ENERGY OF MURMANSK REGION AND PRIORITIES OF THEM USE

Potential of solar, wind energy, hydraulic power of small rivers, energy of sea inflows and waves of the region is studied. Stocks of peat and bioenergetics resources are estimated. Potential and technical resource of the listed sources of energy is determined, their advantages and disadvantages, premises of recycling are shown. Priorities of their practical use for various consumers categories are shown.

Keywords: Murmansk region, power resources, nonconventional and renewable sources of energy

Pak A.A.

CONDITION OF HOUSING RESOURCES IN RUSSIA AND WAYS OF REDUCING HEAT LOSSES THROUGH OUTER WALLS OF BUILDINGS

The paper presents the data of the Russian Statistical Department on the current state of housing resources in the Russian Federation, on the dynamics of commissioning of new dwelling space and increasing proportion of slum and dangerous structures, the conventional structural and technological designs for building envelopes, and the results of experimental research into the production of a new composite, multi-layered material with improved thermal characteristics.

Keywords: construction, housing resources, energy saving, heat loss, technology, building envelopes, heat-insulating materials, aerated concrete, polystyrene, polystyrene gas concrete

SCIENCE CONTRIBUTION IN INDUSTRY

Efimov B.V., Baksheev V.P., Klyukin A.M.

EXPERIENCE OF ENERGY SAVING AND HEAT ENERGY EFFICIENCY INCREASING IN AKADEMGORODOK OF APATITY

The Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences owns ground areas, buildings and constructions in Murmansk, Apatity and Kirovsk and also on different ranges inside and outside of Murmansk region, up to the base in the archipelago Spitsbergen. Each of these sections has their special features in the organization of power supply and energy consumption. Major portion of the buildings and construction is located in Akademgorodok, which occupies the area of more than 40 ha in Apatity of Murmansk region. In the article is examined the important and most expensive part of the energy efficiency increasing problem – optimization of state budget expenditures for the heating of Akademgorodok.

Keywords: energy saving, energy efficiency, district heating, heat energy consumption

TERRITORY OF SCIENCE

Bashmakova E.P.

ECONOMY OF THE NORTHERN DIMENSION OF RUSSIA: THE HISTORY OF FORMATION OF THE NEW SCIENTIFIC DIRECTION

For Russia it is getting generally accepted that the North as a whole is a vitally important zone of the country, rich in natural resources, with a pronounced specificity of socio-economic development, especially unfavorable nature conditions, a typical set of climatic impacts on people, machinery and constructions. At the same time the North is a zone of strategic interests of Russia as economy of the North has been naturally intertwined with economy of the whole Russia, and for many years the North creates an economic basis for

the country's development. Therefore challenges of the North are national challenges, and the “northern dimension of the economy” for Russia is the most important strategic direction, vitally important for economic growth and development of Russia. The Institute for economic studies of the KSC of RAS has been established to study issues of socio-economic development of the North and Arctic. The Institute is the leader of the new research direction – “economy of the northern dimension of Russia”.

Keywords: North, resources, strategic interests, northern dimension of economy, socio-economic development, Institute for economic studies

Oleinik A.G., Putilov V.A.

**THE INSTITUTE FOR INFORMATICS AND MATHEMATICAL MODELING
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF KSC RAS IS A LEADING SCIENTIFIC SCHOOL IN
THE FIELD OF REGIONAL DEVELOPMENT SUPPORT INFORMATION TECHNOLOGIES**

Data on the Institute's history of development and research activities directions are presented. The article gives a short review of research results in design and development of models, methods and information technologies oriented at topical tasks solving in management of regional development and functioning of key subsystems of socio-economic system in Murmansk region.

Keywords: research activities direction, information technologies, main research results, training