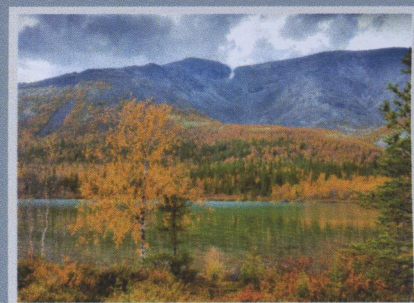


*Российская Академия Наук*

# ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

3/2015



- естественные и технические науки
- хроника
- конференции, семинары
- новые книги
- юбиляры
- ad memoriam
- contents

3/2015(22)

издается с декабря 2009 года

ISSN 2307-5228

ISBN 978-5-91137-311-5

*Российская Академия Наук*

**ВЕЕСТНИК**

**Кольского научного центра РАН**

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Кольский научный центр РАН

---

Главный редактор - д.г.-м.н., проф.  
Ю.Л. Войтеховский,  
заместители главного редактора:  
д.г.-м.н., проф. В.П. Петров,  
д.т.н., проф. А.Я. Фридман (руководитель  
редакции)

Редационный совет:  
академик, проф. Г.Г. Матишов,  
академик, проф. Н.Н. Мельников,  
чл.-корр., проф. В.К. Жиров,  
чл.-корр., проф. А.И. Николаев,  
д.т.н., проф. Б.В. Ефимов,  
д.э.н., проф. Ф.Д. Ларичкин,  
д.т.н. В.А. Маслобоев,  
д.т.н., проф. В.А. Путилов,  
д.ф.-м.н. Е.Д. Терещенко,  
к.г.-м.н. А.Н. Виноградов (отв. секретарь)

Ответственность за суждения и оценки, выраженные в публикуемых статьях, как и за точность и надежность приводимых сведений лежит исключительно на авторах; публикация статей не является свидетельством того, что издатель – Федеральное государственное учреждение науки Кольский научный центр РАН – разделяет мнение их авторов.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) с 2009 г.

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Н.О. Сорохтин, Л.И. Лобковский, Н.Е. Козлов, И.В. Чикирёв, С.Л. Никифоров	Эволюция Арктического бассейна и алмазоносность северной части Восточно-Европейской платформы.....	3
В.Т. Казаченко, С.Н. Лаврик, Е.В. Первозникова, Н.В. Скосарева	Габброиды сергеевского и калиновского комплексов Сихотэ-Алиня: геохимия и изотопные отношения самария, неодима, стронция и свинца .....	21
Н.Н. Мельников П.В. Амосов, Н.В. Новожилова, С.Г. Климин	Применение встроенных систем замораживания для обеспечения тепловой безопасности подземной атомной станции малой мощности (на базе численного моделирования).....	40
А.И. Калашник, А.Ю. Дьяков	Георадарное исследование геолого-структурного строения рабочего уступа карьера в целях оптимизации параметров проведения буровзрывных работ .....	48
А.Г. Касиков	Исследования и разработки ИХТРЭМС КНЦ РАН в области химии и технологии кобальта.....	54
В.Б. Белуховский, А.Е. Козловский, В.А. Пилипенко	Определение широтного профиля резонансной частоты Рс5 пульсаций по данным радара EISCAT.....	64
В.Г. Дворецкий	Особенности распределения зимнего зоопланктона в Печорском море...	73
В.Н. Петров	Особенности влияния парциального градиента плотности кислорода в атмосферном воздухе на состояние здоровья населения, проживающего в Арктической зоне РФ.....	82
В.Н. Светочев, О.Н. Светочева	Питание и пищевые отношения настоящих тюленей в Белом море.....	93
И.В. Блинова	К характеристике минеротрофных травяных болот в южной части Мурманской области и о необходимости их охраны.....	102
Н.А. Серова, Т.П. Скуфьина	Перспективы развития Мурманской области в условиях антироссийских санкций.....	115
	<b>ХРОНИКА</b> .....	120
	<b>КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ</b> .....	121
	<b>НОВЫЕ КНИГИ</b> .....	127
	<b>ЮБИЛЯРЫ</b> .....	129
	<b>AD MEMORIAM</b> .....	134
	<b>CONTENTS</b> .....	138

Редколлегия:

д.т.н. А.Я. Фридман (руководитель редакции), д.б.н. Н.К. Белишева, к.т.н. П.Б. Громов, д.ф.-м.н. В.Е. Иванов, д.б.н. Н.А. Кашулин, д.т.н. А.А. Козырев, д.б.н. П.Р. Макаревич, д.т.н. А.Г. Олейник, д.и.н. И.А. Разумова, к.г.-м.н. Т.В. Рундквист, д.э.н. В.С. Селин, к.т.н. А.Ф. Усов (отв. секретарь)

УДК 553.81 (4–11)

## ЭВОЛЮЦИЯ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА И АЛМАЗОНОСНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н.О. Сорохтин<sup>1,2,3</sup>, Л.И. Лобковский<sup>1</sup>, Н.Е. Козлов<sup>2,3</sup>, И.В. Чикирёв<sup>2,3</sup>,  
С.Л. Никифоров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва

<sup>2</sup>Геологический институт КНЦ РАН

<sup>3</sup>Апатитский филиал Мурманского государственного технического университета

### Аннотация

Статья посвящена исследованию процессов полистадийного развития структурно-вещественных комплексов разновозрастных литосферных плит континентального типа в западной части Российской Арктики. Описываются пространственно-временные закономерности проявления процессов приращения и преобразования континентальной литосферы региона и показывается, что каледоно-герцинский этапы тектонической активизации способствовали формированию систем глубинных разломов литосферы, в узлы пересечения которых внедрялись крупные объемы магматических расплавов. Их рудная специализация привела к формированию целого ряда крупнейших месторождений полезных ископаемых на Балтийском щите и в прилегающих областях. Разрушение и перенос полезных компонентов части из них позволяет рассматривать Белое море как природный резервуар, аккумулирующий россыпные залежи.

### Ключевые слова:

*геодинамика, Арктика, алмазосность, щелочно-ультраосновной и кимберлитовый магматизм, полезные ископаемые.*

### Введение

Современные методы палеогеодинамической реконструкции наблюдаемых сегодня процессов взаимодействия разновозрастных структурно-вещественных ансамблей позволяют выявлять условия их формирования и генетические связи с образующимися скоплениями эндогенных полезных ископаемых. Проявленный в пределах Балтийского щита и Архангельской обл. щелочно-ультраосновной и кимберлитовый магматизм тесно коррелируется с узлами пересечения крупных систем глубинных разрывных нарушений, которые закономерно распределены в пространстве и связаны со спецификой геодинамической эволюции региона. Комплекс полезных ископаемых, ассоциированный с интрузиями и диатремами щелочно-ультраосновного, карбонатитового и кимберлитового составов, является источником апатит-нефелиновых, магнетитовых руд, ряда редких земель, бадделеита, алмазов и других минеральных образований. Применение принципов геодинамического анализа и периодизации процессов эволюции восточной части Балтийского щита позволит разработать критерии поиска новых областей проявления магматизма данного типа и ограничить в пространстве Кольско-Архангельскую алмазосную провинцию.

### Обсуждение результатов

В процессе эволюции Восточно-Европейской платформы (ВВП) ее северная и северо-западная (в современных румбах) оконечности в постархейское время периодически испытывали процессы раскола и коллизионного сочленения с Северо-Американской литосферной плитой [1]. На это, в частности, указывает сопоставимость структурно-вещественных комплексов свекофеннид Балтийского щита и кетилид южной Гренландии и Канады, сформированных около 1.9–1.8 млрд лет назад во время закрытия Свекофеннского палеоокеана при формировании

суперконтинента Мегатея (1.9–1.8 млрд лет назад). Позже, в Перитиманской обл. и в Кандалакшско-Двинском бассейне около 1350–1050 млн лет назад происходило прогибание фундамента и накопление континентальных терригенных осадков с примесью вулканитов [1]. В это же время на северо-востоке Русской плиты формировались шельфовые и склоновые осадочные комплексы пассивной окраины континента, известные сегодня как Тимано-Варангерский пояс байкалид [2]. Данные об этих процессах согласуются с фактическим материалом о распаде суперконтинента Мегатея (около 1.7 млрд лет назад), продолжавшемся вплоть до позднего рифея (около 1 тыс. млн лет назад), когда был сформирован следующий в истории Земли суперконтинент Мезогей (Родиния) [3]. В это время в северо-западной периферической зоне Восточно-Европейской платформы формировалась Дальсландская складчатая область, являющаяся продолжением Гренвилльского пояса в Канаде и Гренландии и маркирующая зону закрытия океана Палеояпетус (не путать с океаном Япетус, который сформировался позже).

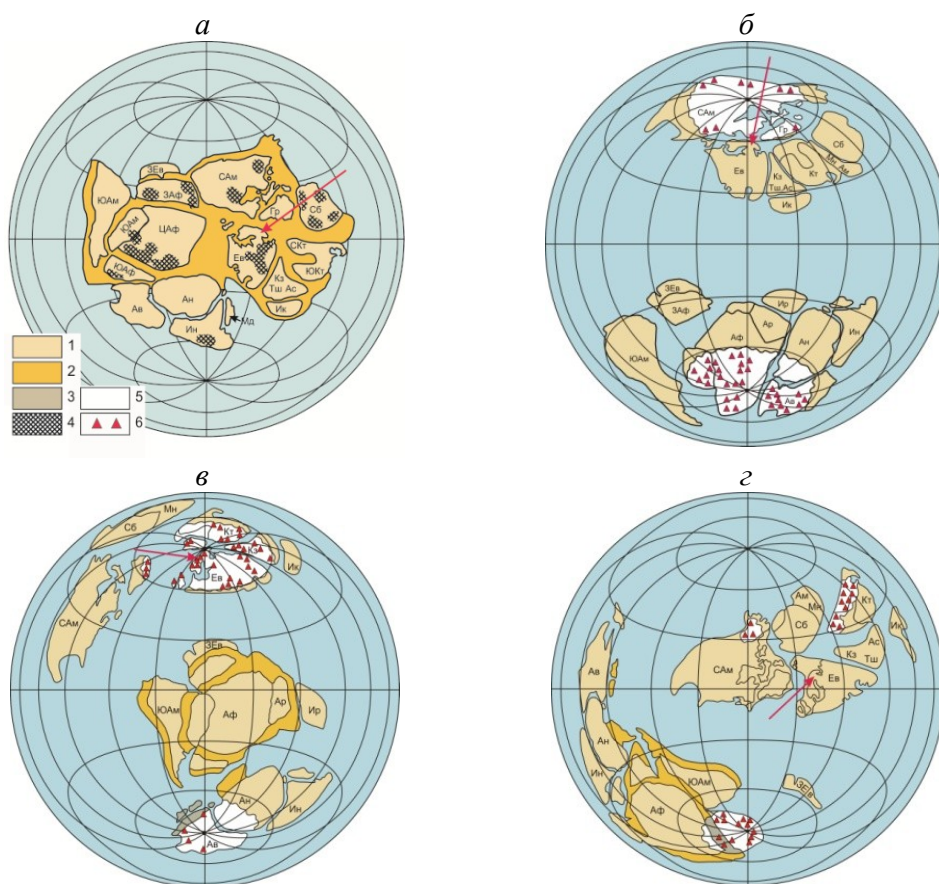


Рис. 1. Палеогеодинамическая реконструкция суперконтинента Мезогей (Родиния) и его распад на Гондвану и Лавразию в проекции Ламберта [4]:

а – суперконтинент Мезогей (около 1 млрд лет назад); б – распад Мезогей на Гондвану и Лавразию (около 800–750 млн лет назад); в – распад Гондваны и Лавразии (около 650 млн лет назад); г – продолжение распада Гондваны и Лавразии (около 550 млн лет назад); 1 – континентальная литосфера; 2 – складчатые пояса; 3 – складчатые пояса в областях распространения покровного оледенения; 4 – красноцветы; 5 – области покровного оледенения; 6 – тиллиты и тиллоиды. Цветной стрелкой отмечено положение Восточно-Европейской платформы

Условия относительного тектонического покоя в восточной и северо-восточной частях ВЕП в течение очень продолжительного отрезка времени (более 800 млн лет с 1350 по 535 млн лет назад) свидетельствуют о возможном накоплении огромных масс, потенциально нефтегазоносных осадочных толщ на шельфе, склоне и в подножии континента. В эту эпоху континент последовательно мигрировал из приэкваториальной зоны Земли (около 1.0 млрд лет назад), где он находился в момент формирования Мезогеи в приполярные области (800–650 млн лет назад), а затем обратно (около 550 млн лет) [3, 5–7] (рис. 1).

В венде (600–535 млн лет назад) процессы его пенеппенизации привели к формированию комплекса континентальных терригенных осадков со следами тиллитов на северо-западе и прибрежно-морских образований на севере в районе п-ова Варангер [8, 9] (рис. 2). В это же время продолжалось накопление осадочного комплекса шельфовых и континентально-склоновых образований на северной и северо-восточной пассивной окраине Русской плиты. Дальсландский орогенез на западе привел к формированию целого ряда закономерно расположенных в пространстве грабенообразных систем в ее северо-восточных районах. При этом тектонические условия их формирования носили явный отраженный характер, о чем свидетельствует их практически полная амагматичность. Лишь на северной оконечности Кольского п-ова и на п-овах Средний и Рыбачий отмечены редкие тела и дайки долеритов, относимые к данному периоду времени.

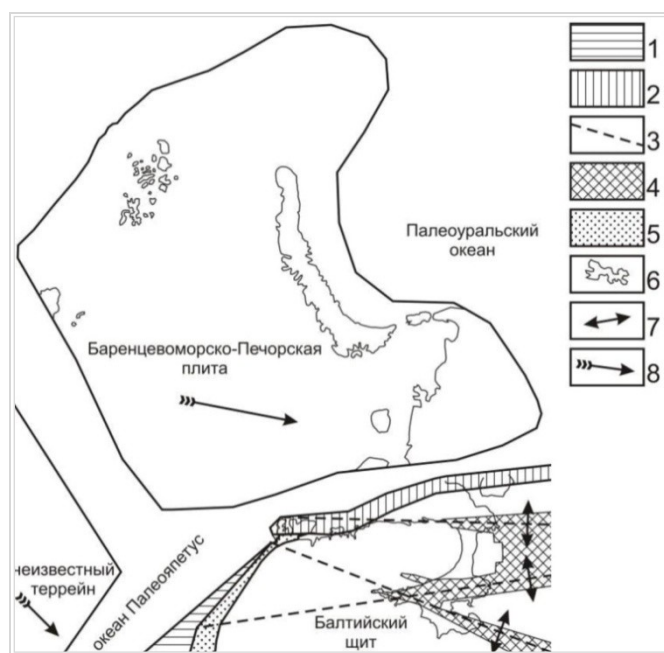


Рис. 2. Палеогеодинамическая реконструкция северной части Восточно-Европейской платформы и прилегающего арктического бассейна в среднем рифее – венде (1350–540 млн лет назад):

1 – складчатые образования среднего и верхнего рифея дальсландской области (1200–900 млн лет); 2 – средне-верхнерифейские и вендские осадочные комплексы шельфа и континентального склона пассивной окраины северо-восточной части Балтийского щита и Русской плиты (1350–570 млн лет); 3 – основные линияменты на Балтийском щите; 4 – рифтогенные образования верхнего рифея; 5 – континентальные терригенные осадки венда (570–542 млн лет); 6 – контур современной береговой линии; 7 – векторы полей напряжения в континентальной литосфере; 8 – генерализованное направление перемещения литосферных плит

В настоящее время рифейские образования пассивной окраины обнажены в пределах п-ова Варангер в северной Норвегии, п-овах Средний, Рыбачий и о. Кильдин на северной оконечности Кольского п-ова, а также на п-ове Канин нос и Тиманском выступе в Архангельской обл. В геологической литературе эти образования выделяются как Тимано-Варангерская система байкалит [10, 11] и представляют собой моноклинальное напластование средне-, верхнерифейских и вендских слабометаморфизованных осадочных комплексов, тектонически взброшенных, а местами надвинутых на архейские и нижнепротерозойские образования ВЕП [12]. По сейсмическим данным, поверхность моноклинали полого погружается в сторону Южно-Баренцевоморской впадины под углами 2–5°, а затем 5–10° [11, 13].

Осадочные комплексы среднего рифея представлены сероцветными полимиктовыми конглобрекциями, конгломератами, гравелитами и псаммитами с прослоями алевролитов. В верхних частях разреза наблюдается переслаивание темноцветных аргиллитов, алевролитов, полимиктовых псаммитов и конгломератов с линзами и конкрециями карбонатных пород. Верхнерифейские и вендские образования представлены переслаиванием разноцветных кварцевых, олигомиктовых и аркозовых псаммитов, алевролитов, пелитов и доломитов. В разрезе встречаются прослои полимиктовых конглобрекций с обломками фосфоритов и карбонатных стяжений. Вторичные преобразования соответствуют стадии глубинного катагенеза – начального метаморфизма (метагенеза) [14]. Геодинамические условия накопления перечисленных комплексов отвечают единому латеральному ряду шельфовых, континентально-склоновых и подножно-континентальных образований [2]. Присутствие в разрезе фосфоритов и карбонатных стяжений указывает на существование в то время эпиконтинентальных морских условий в северо-восточной части литосферной плиты и наличие зоны апвеллинга.

В позднем венде – раннем кембрии, около 570–510 млн лет назад, произошло сочленение северной и северо-восточной оконечности древней Русской плиты с Северокарско-Баренцево-Печорской плитой гренвилльского возраста, которая впоследствии была разделена на Баренцевоморскую (Свальбардскую), Северо-Карскую и Печорскую [1, 15]. При этом к северо-западу от нее еще существовал океан Япетус, сформированный после распада суперконтинента Мезогейя (Родиния). Процесс приращения Восточно-Европейской платформы в этой ее части протекал без проявления складчатости и магматизма, а сочленение двух континентов происходило по зоне касательного проскальзывания, подобно смещающимся вдоль трансформного разлома блокам литосферы (рис. 2).

Процесс столкновения двух плит привел к взбрасыванию, а местами и надвиганию шельфовых и континентально-склоновых осадочных комплексов среднего и верхнего рифея и венда на окраину ВЕП и формированию в районе полуостровов Средний и Рыбачий крупных правосторонних сдвиговых и взбросо-надвиговых структур. При этом А.П. Симонов с соавторами [11] отмечает, что процессы формирования Тимано-Варангерской шовной зоны сопряжены с резким уменьшением мощности разреза в северо-западном (Кольско-Канинском) сегменте и многократным его увеличением в юго-восточном (Тиманском) направлении. К этому следует добавить, что в разрезе отсутствуют образования нижнего рифея, и лишь в юго-восточной части Тимано-Варангерской шовной зоны присутствуют осадки данного возраста [1].

По-видимому, описанные факты следует связывать с правосторонне-сдвиговым сочленением двух литосферных плит, при котором разделяющий их океанический бассейн был закрыт без субдукционного поглощения на большей ее части (рис. 2). При этом наиболее молодые фрагменты разреза шельфовых и континентально-склоновых образований Восточно-Европейской платформы были взброшены на край плиты, а частью срезаны, перемещены и сгружены в юго-восточном направлении. Более древние, нижнерифейские комплексы, слагавшие нижние уровни склона и подножья пассивной окраины континента, были, скорее всего, захоронены в подошве сформированной шовной зоны. Эти процессы привели к увеличению степени проявления складчатости и метаморфизма вплоть до зеленосланцевой фации в пределах Канинской и Тиманской части разреза, а также к проявлению контрастного магматизма

от гранитоидного и гранодиоритового до габбро-долеритового на юго-востоке. Еще южнее (в Предуралье) эта зона переходит в конвергентную структуру, о чем свидетельствует вскрытый бурением комплекс магматических пород островодужного типа на восточной ее оконечности [1].



Рис. 3. Схема мощности земной коры Баренцево-Карского шельфа и данных геотермических измерений по данным [17, 18] с дополнениями:

1 – суша; 2 – шельф; 3 – континентальный склон; 4 – выделенные по геофизическим данным участки с океанической корой; 5 – изолинии глубин подошвы земной коры, км; 6 – пункты геотермических измерений, мВт/м<sup>2</sup>; 7 – линия геолого-геофизического профиля (см. рис. 4)

Фундамент Северокарско-Баренцево-Печорской плиты обнажается в пределах Северо-Восточной Земли Шпицбергена, северной части Новой Земли и на п-ове Таймыр. Он вскрыт бурением на островах Земли Франца-Иосифа и в пределах Печорской плиты. Разрез представлен полискладчатыми и метаморфизованными в условиях эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма гнейсами и кристаллическими сланцами, биотитовыми и двуслюдяными, углистыми и графитсодержащими, хлорит-серицитовыми сланцами, кварцитами, мраморами, доломитами, кальцифирами и конгломератами. Эти комплексы прорваны гранитами рифея и венда. Возраст фундамента составляет 1.55–1.3 млрд лет [1, 16, 17]. Данная литосферная плита имеет неоднородный характер строения фундамента, выраженного в сопряжении участков континентального (гранитного) и субокеанического типов (рис. 3). При этом не следует забывать, что ее западная часть была сформирована и приращена в эпоху каледонской фазы складчатости и отражает условия закрытия океана Япетус. Если мысленно вычленить эту область из состава Баренцевоморской плиты, а также Южнокарскую плиту, которая входит в состав Западносибирской платформы, получится, что участки гранитной и субокеанической коры в пределах данного региона вытянуты в субмеридиональном направлении. Это косвенно подтверждает наше предположение о формировании Баренцево-Печорской литосферной плиты из эшелонированной системы, по крайней мере, двух или трех крупных островных дуг, разделенных фрагментами (останцами) океанической литосферы (рис. 3). Подобная же картина наблюдается и в Северокарском сегменте плиты. В центральной ее части по геофизическим данным наблюдается крупная область с корой океанического типа [17].



Различный возраст формирования древней Восточно-Европейской платформы и более молодой Северокарско-Баренцевоморско-Печорской плиты, их изостатические свойства и мощность подстилающей литосферы привели к тому, что последняя испытывала постоянное проседание фундамента, причем участки с субокеанической корой погружались быстрее, нежели области континентального типа (рис. 4).

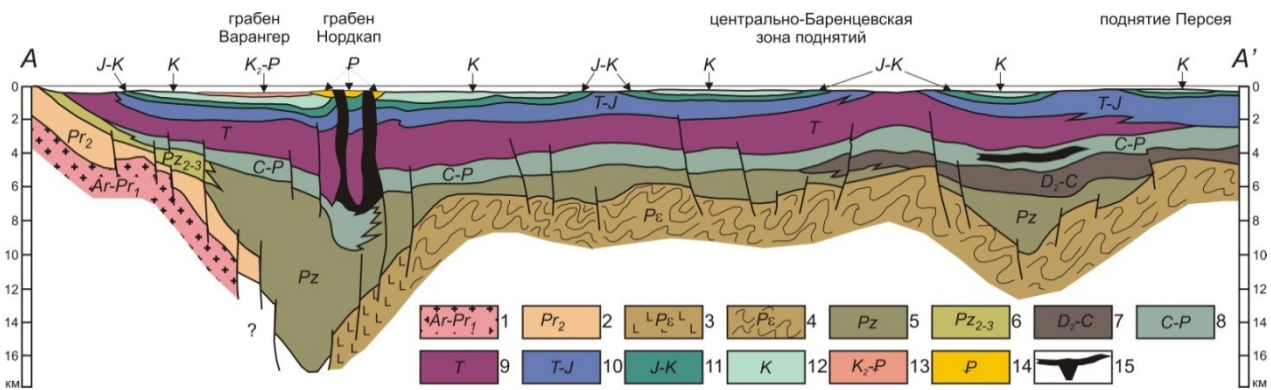


Рис. 4. Геолого-геофизический профиль через центральную часть Баренцевоморского шельфа от п-ова Варангер до поднятия Персея (см. рис. 3) [17]:

1 – фундамент Балтийского щита архейского возраста: полискладчатые, полиметаморфические комплексы тоналит-трондьемитового состава, кристаллические сланцы, амфиболиты; 2 – осадочные комплексы среднего – верхнего рифея и венда: переслаивание аргиллитов, алевролитов, олигомиктовых, аркозовых и полимиктовых псаммитов и конгломератов с линзами карбонатных пород и с прослоями фосфоритсодержащих конглобрекций; 3 – выделенные по геофизическим данным участки с океанической корой докембрийского возраста; 4 – метаморфизованный складчатый фундамент Свальбардской и Северокарской плит докембрийского возраста: гнейсы и кристаллические сланцы, мраморы и кальцифиры, кварциты, биотитовые и двуслюдяные сланцы, углистые и графитсодержащие сланцы; 5 – нерасчлененный комплекс палеозоя: песчаники, глины, конгломераты, известняки и углистые прослои; 6 – нерасчлененный комплекс среднего и верхнего палеозоя: песчаники и глины; 7 – нерасчлененный комплекс среднего девона-карбона: песчаники, глины и прослои углистых сланцев; 8 – нерасчлененный комплекс карбон-пермского возраста: песчаники с прослоями глин, конгломераты и известняки; 9 – осадочный комплекс триасового возраста: переслаивание песчаников и глин; 10 – нерасчлененный комплекс триас-юрского возраста: песчаники с прослоями глин; 11 – нерасчлененный комплекс юрско-мелового возраста: песчаники с прослоями глин; 12 – осадочный комплекс мелового возраста: песчаники с редкими прослоями глин; 13 – нерасчлененный комплекс верхнего мел-палеогенового возраста: пески; 14 – осадочный комплекс палеогена: пески; 15 – соляные купола

Отложения осадочного чехла в пределах Баренцевоморской (Свальбардской) плиты начинаются с карбонатно-терригенных осадков кембрия и силура, развитого преимущественно в глубоко погруженных западных ее частях. Выше, с явным несогласием, залегают силур-нижнедевонские и девон-карбоновые терригенные толщи, которые перекрываются карбонатными осадками и эвапоритами перми и триаса [17].

Выявление силур-нижнедевонского и девон-каменноугольного несогласий в чехольных комплексах Баренцевоморской (Свальбардской) плиты свидетельствует о многостадийном процессе закрытия океана Япетус к западу от нее и формированию орогенного комплекса Североатлантических каледонид (рис. 5). На ранней стадии произошло наращивание Свальбардской плиты с запада и формирование складчатой системы субмеридионального (в современных румбах) простирания. На это в частности указывает структурно-вещественное

подобие генетически связанных комплексов Гренландии и Шпицбергена. Кроме того, в разрезе последнего складчатые образования осложнены крупноамплитудными левосторонними сдвигами, что помогает выявить вектор движения литосферных плит относительно друг друга (рис. 5). Также в низах разреза западного блока арх. Шпицбергена обнаружены глаукофановые сланцы, свидетельствующие о субдукции более древней Североамериканской плиты под Свальбардскую в этом районе [1]. Позже, в позднем девоне, около 375–362 млн лет назад произошло окончательное закрытие океана Япетус и формирование складчатой системы каледонид Норвегии.

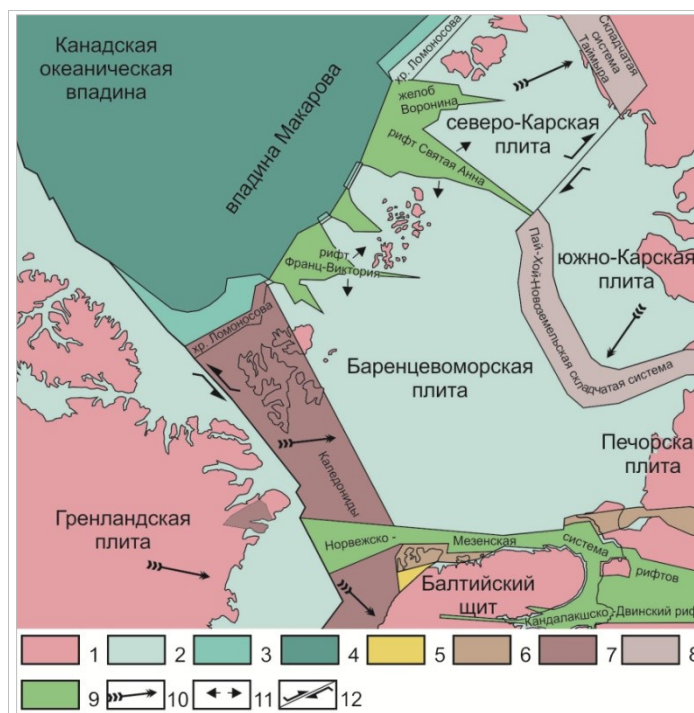


Рис. 5. Палеогеодинамическая реконструкция северной части Восточно-Европейской платформы и Западно-Сибирской плиты и прилегающего Арктического бассейна в раннем мезозое (около 240 млн лет назад):

1 – суша; 2 – шельф; 3 – континентальный склон; 4 – океанические впадины; 5 – континентальные терригенные осадки венда (600–542 млн лет); 6 – средне-верхнерифейские и вендские осадочные комплексы шельфа и континентального склона пассивной окраины северо-восточной части Балтийского щита и Русской плиты; 7 – складчатые образования североатлантических каледонид в раннем ордовике – позднем девоне (485–362 млн лет); 8 – складчатые образования полярного Урала, Новой Земли и п-ова Таймыр в ранней перми – раннем триасе (290–245 млн лет); 9 – Норвежско-Мезенская и Кандалякшско-Двинская системы рифтов; 10 – генерализованные направления перемещения литосферных плит; 11 – векторы раскрытия клиновидных рифтов; 12 – крупные сдвиги (трансформные разломы)

Изучение сейсмического разреза Баренцевоморской плиты (рис. 4) показало, что верхнепалеозойские отложения с несогласием перекрываются триас-юрскими толщами, отражающими тектонические процессы закрытия Палеоуральского океана на востоке. Так же как и при закрытии океана Япетус, формирование Уральской складчатой системы сопровождалось многостадийным и неравномерным сближением и субдукцией древней Восточно-Европейской платформы под активную окраину Западно-Сибирской плиты (ЗСП). Это привело к образованию коллизионной структуры сложной конфигурации в период с позднего девона – раннего карбона

(около 360 млн лет) на юге по позднюю пермь – ранний триас (около 265–245 млн лет) на севере [9]. На северной оконечности формирующейся складчатой системы пассивная окраина Северокарской плиты была надвинута на Сибирский кратон, сформировав Таймырскую складчатую систему и Енисей-Хатангский краевой прогиб. Полное закрытие Палеоуральского океана маркируется развитием постколлизийных гранитов возрастом 264 млн лет [17]. В результате этого между ВЕП и ЗСП была сформирована орогенная структура, имеющая разнонаправленные, иногда дугообразные, вплоть до остроугольно ориентированных зон складчатости местами осложненных трансформными разломами. Такого рода примером является складчатая система Полярного Урала, Пай-Хоя, Новой Земли и п-ова Таймыр (рис. 6). В это же время некогда единая Северокарско-Баренцевоморско-Печорская литосферная плита была окончательно разделена на Свальбардскую (Баренцевоморскую), Печорскую и Северо-Карскую (рис. 2, 5).

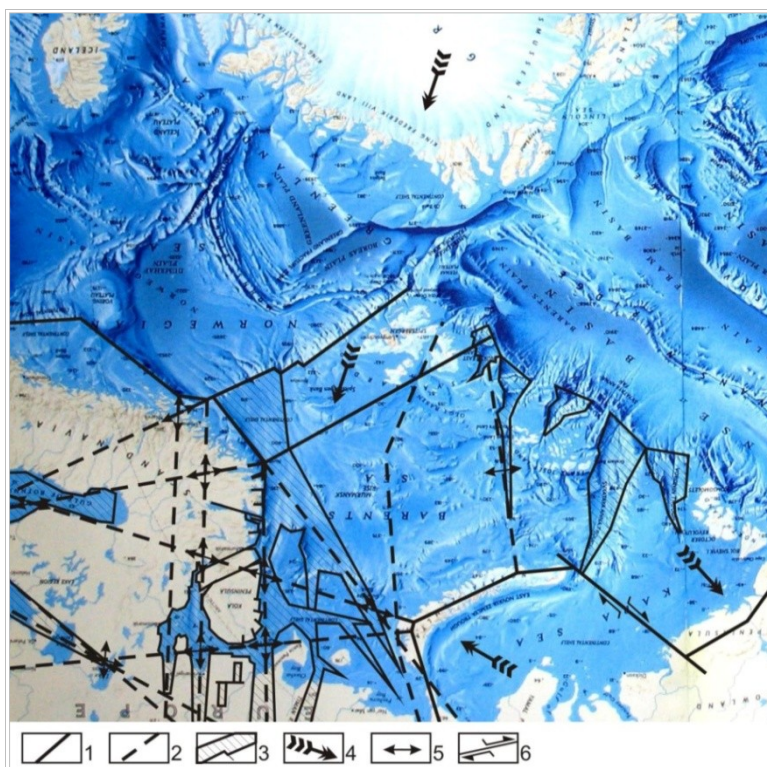


Рис. 6. Реконструкция разрывных нарушений в древней Восточно-Европейской, молодой Западно-Сибирской и древней Сибирской платформах в палеозое – раннем мезозое (542–241 млн лет):

1 – граница литосферных плит, вдоль которых происходило закрытие палеоокеанов и коллизия; 2 – основные линияменты, формирующиеся в континентальной литосферной плите; 3 – рифты; 4 – генерализованное направление перемещения литосферных плит; 5 – векторы полей напряжения в континентальной литосфере; 6 – трансформный разлом

Закрытие северной части Палеоуральского океана привело к практически одновременной коллизии трех континентальных литосферных плит с разновозрастным фундаментом. Согласно одному из основополагающих законов теории тектоники литосферных плит, более древняя из них всегда субдуцирует (пододвигается) под более молодую плиту того же типа. Следовательно, имея возраст фундамента 1.55–1.3 млрд лет, Северокарско-Баренцевоморско-Печорская плита своей южной частью субдуцировала под более молодую Западно-Сибирскую и надвигалась (обдвигивала) на севере на древнюю Сибирскую платформу [19].

В результате завершения каледонского и герцинского этапов тектогенеза был сформирован единый суперконтинент Пангея, в северной части которого оказались коллизионно совмещенными литосферные плиты Северо-Американского, Восточно-Европейского и Сибирского древних кратонов. Между ними были зажаты молодые литосферные плиты с гренвилльским фундаментом, к которым можно отнести Западно-Сибирскую и Северокарско-Баренцевоморско-Печорскую молодые платформы. По-видимому, в это же время была в основном сформирована и крупная Американо-Евразийская океаническая впадина, основную часть которой занимает Канадская котловина. В ее пределах в юрское и меловое время, возможно, еще продолжался слабовыраженный осевой спрединг, однако позже он прекратился [1, 20].

Процесс закрытия палеоокеана Япетус можно восстановить по современной конфигурации континентальных плит северной части Атлантического океана и по полосчатым (полосовым) магнитным аномалиям, а также по характеру строения каледонской аллохтонной пластины в северной части Балтийского щита, маркирующей древнюю зону сочленения. При этом клиновидная форма восточной части Гренландской литосферной плиты при столкновении с Европейской плитой должна была привести к возникновению серии растягивающих напряжений в северной части Балтийского щита по линии Северная Норвегия – Кольский п-ов – Архангельская обл., т.е. с северо-запада на юго-восток (рис. 6).

Аналогично этому при закрытии карбон-триасового Палеоуральского океана и при столкновении Западно-Сибирской эпипалеозойской платформы с Восточно-Европейской платформой, по-видимому, произошло заложение зоны растягивающих напряжений по линии Новая Земля – о. Нокуев – г. Кандалакша – Ботнический залив и Новая Земля – Горло Белого моря – Ладожское озеро (рис. 6). При этом выступ Карской плиты, отмеченный колленообразным изгибом складчатых структур Новой Земли, подобно клину, внедрился в Баренцевоморскую молодую платформу. Произшедшие в обрамлении Балтийского щита события не могли не оказать активного влияния на его внутреннее физическое состояние. В итоге в восточной части щита была сформирована почти ортогональная система разрывных нарушений, имеющая северо-западное и северо-восточное до меридионального направления ветвей [21] (рис. 6). Характер проявления этих деформаций предопределял возникновение еще одной системы разрывов, образующейся в результате разложения сил. Формирование субмеридионально-субширотной ортогональной системы в описываемый период времени носило второстепенный характер и реализовывалось без сколько-нибудь значительных перемещений вдоль разломов. Неизбежное возникновение растягивающих напряжений в восточной части Балтийского щита привело к формированию целого ряда рифтогенных структур. В пределах Кольского п-ова и его обрамления выделяются Беломорская и Норвежско-Мезенская системы рифтов, огибающие его с севера и юга и маркирующие разрывы северо-западного простирания. В результате закрытия Палеоуральского океана и формирования закономерной системы разрывных нарушений в литосфере Восточно-Европейской платформы чуть позже была сформирована система рифтов юго-западного простирания, маркируемая акваторией Горла Белого моря и протягивающаяся до Ладожского озера и далее. Благодаря этому к востоку от Белого моря произошло объединение двух рифтовых систем северо-западного простирания и трансформация структурно-вещественного ансамбля Мезенской синеклизы.

Система Беломорского рифта протягивается от Кольского п-ова до Тимана, а ее протяженность составляет около 900 км при ширине 50–270 км [22]. В северо-западной части Кандалакшский рифт постепенно выклинивается, а в районе Терского берега от него ответвляется в север-северо-западном направлении Ермаковский грабен [23]. Система Баренцевоморского рифта прослеживается от Лаксефюерда и Танафьерда северного побережья Норвегии, вдоль Мурманского берега Кольского п-ова и далее на юго-восток. Общая его протяженность составляет около 1500 км при ширине до 200 км. В районе северного побережья Норвегии данная рифтовая система выклинивается и имеет вид правостороннего сдвига.

Мезенская синеклиза была сформирована в результате проявления байкальского, а затем каледоно-герцинского этапов геодинамической активности. Первоначально она закладывалась на окраине Русской плиты в результате ее сочленения с Баренцево-море-Печорской литосферной плитой в рифее и представляла собой типичный краевой прогиб. Чуть позже произошло формирование Кандалакшско-Двинского (Беломорского) рифейского авлакогена, как отражение дальсландской фазы складчатости, происходившей на западе Балтийского щита. Еще позже на структуры Мезенской синеклизы были наложены процессы каледонской и герцинской фаз тектоногенеза, что, несомненно, усложнило внутреннюю структуру региона (рис. 7).

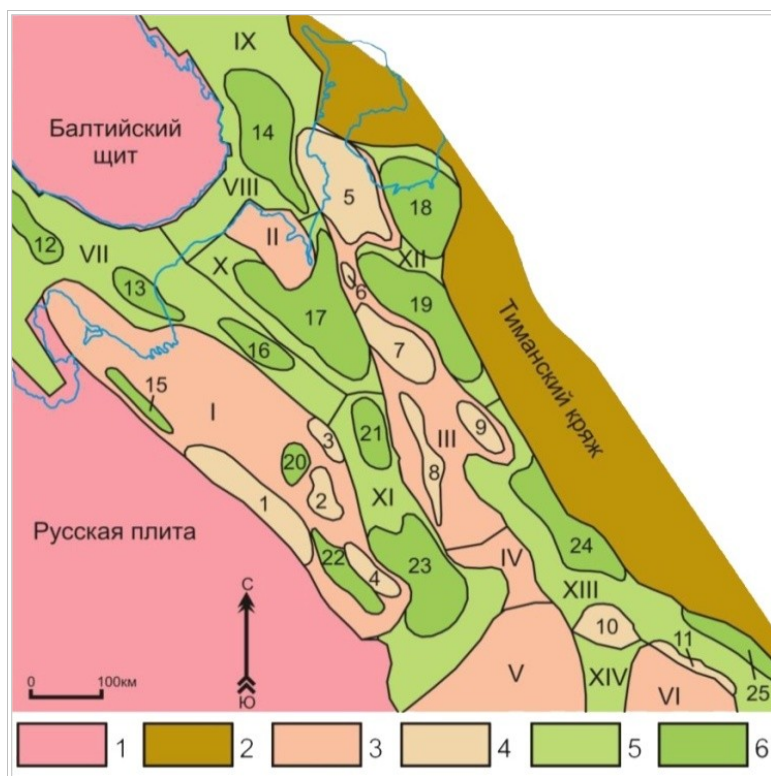


Рис. 7. Тектоническое строение фундамента Мезенской синеклизы (по работе Б.А. Пименова и Н.А. Малышева и [24] с изменениями и дополнениями):

1–2 – структуры обрамления Мезенской синеклизы; 3–4 – выступы фундамента в пределах синеклизы; I–VI – первого порядка, I–II – второго порядка; I – Северодвинская моноклираль и Архангельский свод; II – Несско-Тылугский выступ; III – Мезенский мегавал; IV – Ертымская седловина; V – Сысольский свод; VI – Коми-Пермяцкий свод; 1 – Среднедвинский вал; 2 – Юльское поднятие; 3 – Карпогорский вал; 4 – Уфтыогское поднятие; 5 – Тылугское поднятие; 6 – Нижнепезское поднятие; 7 – Ценогорское поднятие; 8 – Вашкинский вал; 9 – Косланский вал; 10 – Сторожевское поднятие; 11 – Прубский вал; 5–6 – прогибы фундамента в пределах синеклизы; VII–XIV – первого порядка, 12–25 – второго порядка; VII – Кандалакшско-Керецкий прогиб; VIII – Прогиб Горла Белого моря; IX – Прогиб Воронки Белого моря; X – Беломорско-Лешуконский прогиб; XI – Пинежский прогиб; XII – Пешско-Сафоновский прогиб; XIII – Вычегодский прогиб; XIV – Кировско-Кажимский прогиб; 12 – Кандалакшская депрессия; 13 – Западно-Керецкая депрессия; 14 – Приканинская впадина; 15 – Онежская депрессия; 16 – Керецкая депрессия; 17 – Лешуконская впадина; 18 – Пешская котловина; 19 – Сафоновская депрессия; 20 – Покшенгская депрессия; 21 – Среднепинежская впадина; 22 – Тоемская депрессия; 23 – Верхнепинежская котловина; 24 – Вишерская депрессия; 25 – Северо-Кельтменская депрессия

Фундамент Мезенской синеклизы имеет архейский и (или) раннепротерозойский возраст. Он представлен интенсивно дислоцированными и в разной степени метаморфизованными (ультраметаморфизованными) осадочно-вулканогенными и вулканогенными комплексами, прорванными интрузиями основного и кислого состава, которые объединяются в разновозрастные тектонические комплексы.

Нижняя часть платформенного чехла представлена преимущественно терригенным верхнепротерозойским комплексом, который объединяет морские, прибрежно-морские и континентальные породы и подразделяется на два структурных этажа: нижний (средний рифей) и верхний (верхний рифей). Выше залегает вендско-фанерозойский комплекс, который подразделяется на два структурных этажа: нижний (вендский) и верхний (фанерозойский). Нижний структурный этаж сложен верхневендскими отложениями и имеет площадное распространение на всей территории синеклизы. Верхний фанерозойский структурный этаж, подразделяется на три подэтажа: нижний (силурийско-девонский), средний (каменноугольно-нижнепермский) и верхний (верхнепермско-кайнозойский) [25].

По данным Д.А. Кузьмина [25], нижняя часть разреза платформенного чехла формировалась синхронно с интенсивными тектоническими процессами и становлением Норвежско-Мезенской системы авлакогенов рифейского возраста (рис. 2, 7).

Фундамент Мезенского бассейна представляет собой систему обособленных линейных грабенообразных внутрикратонных прогибов (палеорифтовых зон) – Кандалакшско-Керецкого, Приканинско-Лешуконского и Пинежского, ограниченных горстовидными поднятиями и перикратонными прогибами северо-западного простирания – Пешско-Сафоновским и Вычегодским (рис. 7). С запада на восток здесь выделяются структурные зоны чередующихся относительных поднятий и опусканий: Северодвинская, Керецко-Лешуконско-Пинежская, Мезенско-Вашкинская, Пешско-Сафоновско-Вычегодская и Западно-Тиманская. Последняя представляет собой складчато-надвиговую структурную зону, ограниченную Западно-Тиманским и Центральнo-Тиманским взбросо-надвигами [25]. Рифейские породы в этой зоне отличаются от разновозрастных образований Вычегодского и Пешско-Сафоновского прогибов Мезенской синеклизы лишь повышенной степенью дислоцированности.

Анализ системы распределения впадин, прогибов и поднятий в пределах Мезенской синеклизы показывает, что они располагаются в пространстве с удивительной закономерностью. Так, протяженная серия впадин, тяготеющих к Тиманскому кряжу, по-видимому, являются структурами краевого прогиба, тогда как остальные отделены от них системой поднятий и отражают условия выклинивания фанерозойских рифтовых систем (рис. 7).

Тектоническая эволюция Мезенского бассейна может быть разделена на три этапа. На ранней стадии континентальная окраина Восточно-Европейской платформы была погружена в результате ее сочленения с Баренцевоморско-Печорской плитой, а затем расчленена сформированной в рифее Норвежско-Мезенской системой авлакогенов. В девоне и пермь-триасе произошло формирование наложенных на рифейские грабены Кандалакшско-Двинской (Беломорской) и Норвежско-Мезенской системы рифтов, а также рифта Горла Белого моря, что усложнило процессы формирования синеклизы платформенного типа. В результате этого был сформирован Мезенский гетерогенный осадочный бассейн, сложенный структурно-вещественными (литодинамическими) комплексами пород, которые отвечают палеобассейнам различных тектоносидиментационных типов. Доминирующим в разрезе Мезенской синеклизы является рифейский комплекс, перекрытый верхневендскими и фанерозойскими образованиями, играющими подчиненную роль.

Процессы каледоно-герцинской активизации в исследуемом регионе привели к внедрению целого ряда характерных магматических комплексов, которые формировались на плечах этих структур, в зонах развития рифтов, а также в узлах пересечения наиболее крупных линияментов (рис. 8). Так, в пределах Балтийского щита и севера Русской плиты широко проявлен щелочно-ультраосновной, мелилититовый и кимберлитовый магматизм этого времени. В частности,

в центральной части Кольского п-ова развит комплекс нефелиновых сиенитов и щелочно-ультраосновных интрузий центрального типа. Выделяется два возрастных интервала проявления магматизма. Ранние интрузивные тела, трубки взрыва и дайки внедрялись в интервале 480–400 млн лет назад, образуют вытянутую в северо-западном направлении зону, протягивающуюся вдоль побережья Кандалакшского залива и далее, включая Ковдорский массив [23]. Более поздние проявления магматизма имеют возраст 400–320 млн лет и приурочены к разрывным нарушениям северо-восточного и северного простирания [23, 26]. Выявленная закономерность подтверждает сделанные нами ранее выводы о полистадийности проявления структурообразующих процессов в регионе и связанном с ними магматизме [27, 28].

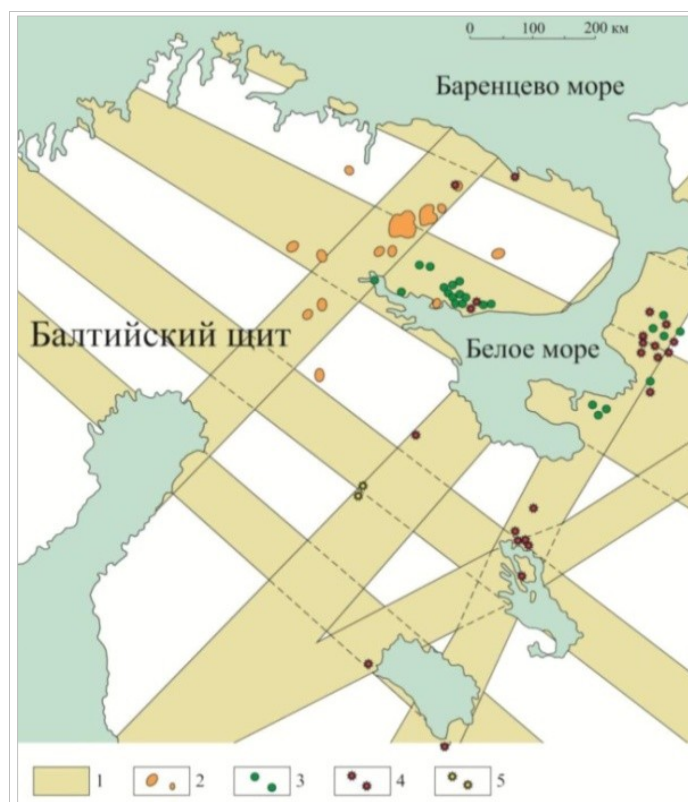


Рис. 8. Схема проявления тектоники и распределения основных интрузивных массивов и трубок взрыва палеозойского возраста в с-в части Балтийского щита:

1 – линейные зоны концентрации глубинных тектонических разломов палеозойского возраста; 2 – интрузии щелочно-ультраосновного состава; 3 – мелилититовые трубки взрыва; 4 – кимберлитовые трубки взрыва; 5 – лампроитовые трубки взрыва

На северном его побережье отмечен дайковый комплекс долеритов субмеридионального и северо-восточного простирания, соответствующий по составу океаническим базальтам. В Кандалакшском заливе на обоих его побережьях отмечены дайки лампрофиров северо-восточного простирания, трубки взрыва пикритов, мелилититов и кимберлитов. В районе Онежского озера выявлено поле развития алмазоносных кимберлитовых трубок взрыва, а в Костомукшском районе диатремы лампроитов. В Архангельской обл., в зоне развития Норвежско-Мезенской системы рифтов, выявлено крупное Зимнебережное поле мелилититов и кимберлитов. В акватории Баренцева и Карского морей по геолого-геофизическим данным выделяется несколько этапов субщелочного магматизма, который представлен силами и дайками основного состава позднепермского-раннетриасового, а также юрско-мелового возрастов и локализованный в пределах Восточно-Баренцевоморской и Южно-Карской впадин и их

обрамлений. На Земле Франца-Иосифа и на арх. Шпицберген проявлен более молодой – кайнозойский – магматизм, выразившийся развитием комплекса субпараллельных даек северо-западного простирания и покровных вулканитов основного состава, а также силлов долеритов и долерито-базальтов, которые внедрялись в верхнетриасовые отложения и, скорее всего, маркировали процессы раскрытия Северного Ледовитого океана в эоцене.

По данным Э.В. Шипилова [29], для Баренцево-Карского региона в фанерозое характерно проявление нескольких этапов дайкового (силлового) магматизма основного состава. Первый из них относится к поздне- или пострифейскому этапу и развит в пределах Баренцевоморского побережья Балтийского щита и в Новоземельской складчатой зоне. Следующий – силурийский этап был проявлен в интервале 434–420 млн лет. Позже развивался позднедевонский-раннекарбонный магматизм (370–330 млн лет), затем позднепермско-раннетриасовый (257–245 млн лет) и позднеюрско-раннемеловой (159–131 млн лет). Завершается магматическая активность палеоген-четвертичными образованиями (60–25 и ~1 млн лет).

Первый этап магматизма связан с закрытием в позднем протерозое океана Палеоаяпетус, а второй и третий с закрытием океана Япетус и полистадийным формированием складчатой системы Северо-Атлантических каледонид. Четвертый и пятый этапы характеризуют закрытие Палеоуральского океана на востоке и завершение герцинского этапа тектогенеза [30, 31]. Наиболее поздние магматиты связаны с раскрытием в кайнозое Северного Ледовитого океана. По составу они чаще всего соответствуют базальтам нормальной щелочности. Исключение составляют позднепермско-раннетриасовый и позднеюрско-раннемеловой периоды магматизма, которые по нашему мнению фиксируют процессы завершения активной стадии герцинской фазы складчатости и снятия тектонической нагрузки в постколлизийный этап развития Баренцево-Карского региона. Это привело к крупномасштабному внедрению комплекса даек и силлов субщелочного ряда в обрамлении коллизийной зоны Полярного Урала – Новой Земли – п-ова Таймыр. Кроме того, в кайнозое произошло раскрытие современного Ледовитого океана, что также отразилось на характере проявления дайкового магматизма в краевой зоне континентального шельфа.

Проведенные ранее авторами исследования на востоке Кольского п-ова (в районе рек Пялица, Пулоньга, Бабья и Сосновка), на побережье Горла Белого моря, выявили большое количество даек мелилититового и кимберлитового составов в кристаллическом основании архейского фундамента. Эти дайковые образования часто имеют своеобразную форму в виде “паукообразных” тел с изометричным обособлением вещества в центре и четырех-, шестилучевыми расходящимися дайками. Диаметр центральных тел колеблется в пределах 2–8 м, а протяженность апофизов достигает 30–80 м. Дайковые тела прорывают архейский кристаллический фундамент, не метаморфизованы и часто имеют характерный рисунок трещин остывания, формирующихся при кристаллизации магмы в приповерхностных условиях. По нашему предположению, эти тела являются подводными каналами эродированных трубок взрыва, что позволяет прогнозировать формирование алмазоносных россыпей в осадочном чехле Белого моря [28, 32–34].

Восточная часть этого бассейна, включая и Горло, совпадает с крупным узлом пересечения глубинных разломов, кинематика которых носит характер растяжения (рис. 8). Именно поэтому в прилегающих областях развит интенсивный магматизм, сопряженный с возрастом их формирования. Постоянное изостатическое воздымание северо-восточной части Балтийского щита на протяжении палеозой-кайнозойского времени и выведение на поверхность глубинных уровней коры неизбежно должен приводить к формированию богатых россыпей в донных осадках акватории полузакрытого бассейна, которым является Белое море.

В этой связи крайне важным является вопрос оценки параметров россыпной алмазоносности бассейна Белого моря и его прибрежной части. В течение почти 20 лет после открытия алмазоносных трубок взрыва в Архангельской кимберлитовой провинции велись поиски алмазов на территории континентальной части Мурманской обл. и Северной Карелии [35, 36].



Кимберлиты Терского берега были открыты в 1986 г. при бурении локальных магнитных аномалий "трубчатого типа". Согласно М.М. Калинкину и И.В. Полякову [36], Ермаковское кимберлитовое поле включает 60 взрывчатых объектов, в том числе две алмазоносные кимберлитовые трубки. Остальные диатремы и взрывчатые дайки сложены мелилитами и ультраосновными фойдитами. В вертикальном сечении трубки представлены крутопадающими жерлами, а их верхние кратерные части эродированы. В двух технологических пробах из трубки "Ермаковская-7" обнаружен 131 алмаз. Преобладают мелкие индивиды (0.1–0.2 мм). Алмазы крупнее 0.5 мм редки, но наличие осколков свидетельствует о раскалывании более крупных зерен. Алмазы имеют октаэдрическую форму, бесцветны, обладают сине-голубой люминесценцией. В одной из технологических проб, отобранной из трубки "Ермаковская-20", установлено пять зерен алмазов размером до 0.4 мм.

Проведенные нами литофациальные исследования рыхлых отложений в прибрежных зонах и в акватории Горла Белого моря позволили составить схему литологических фаций данного региона (рис. 9). Полученные данные свидетельствуют о широком площадном распространении грубозернистых осадков (гравийников, галечников и валунников), с которыми, как правило, ассоциируют алмазоносные россыпи. Основные способы поступления обломочного материала при этом, по-видимому, следует связывать с абразией берегов и материковый сток. В пользу первого способа свидетельствует широкое развитие абразионных террас вдоль Терского побережья Горла Белого моря, причем специфика механизма разрушения заключается в том, что из прибрежной зоны вымывается практически весь материал, поступающий в результате абразии берегов.

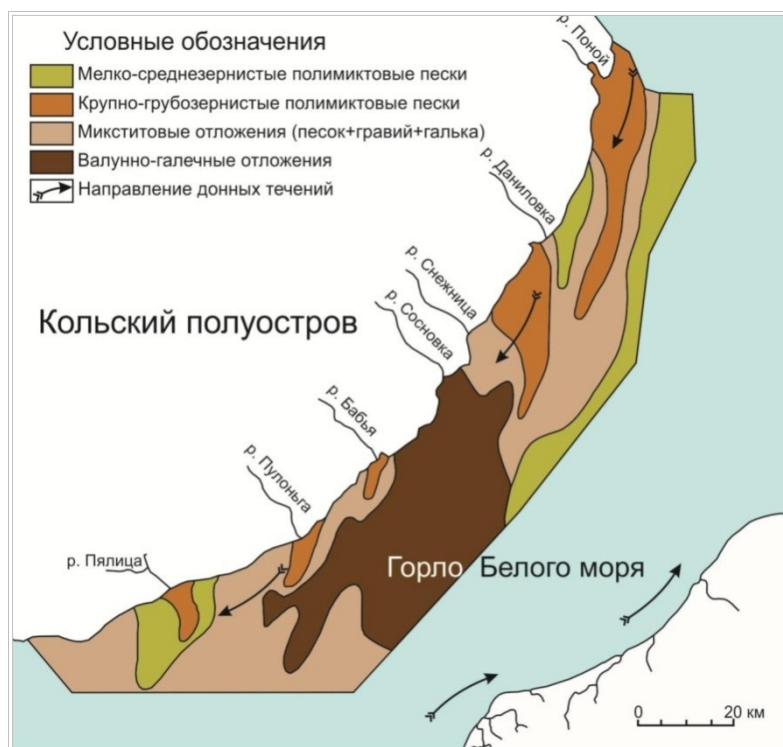


Рис. 9. Схема распределения литологических фаций в акватории Горла Белого моря (по Гавриленко и др. [32])

Материковый сток также оказывает существенное влияние на формирование толщ терригенных осадков за счет размыва поверхности кристаллического фундамента северо-восточной части Балтийского щита и их сноса в бассейн Белого моря. Это связано с тем, что

современные реки Кольского региона имеют характер горных потоков и, как следствие, обладают способностью переносить грубообломочный материал. Кроме того, в регионе широко развит процесс разрушения и последующего переноса моренных отложений.

Плохая сортированность и неокатанность обломочного материала в прибрежных зонах бассейна Белого моря, а также довольно однообразный петрографический состав гальки и валунов, представленных в основном гнейсами, гранитогнейсами, амфиболитами, гранитами и аркозовыми псаммитами, свидетельствуют о незначительной удаленности коренных источников сноса материала.

Белое море имеет довольно сложную систему водообмена, существенным механизмом которого является материковый сток. Избыток опресненной воды малой плотности из закрытой области Белого моря поступает в Баренцевоморский бассейн, куда направлено постоянное сточное морское течение [37]. Из Баренцева моря через Горло во впадину Белого моря направлен встречный поток тяжелых нормально соленых океанических вод. Именно он и контролирует динамику разноса осадочного материала на дне Терской части акватории. Данный вывод подтверждается распределением песчаных фаций в пределах исследуемого района, а именно смещением дельтовых конусов выноса к юго-западу.

Анализ процессов переноса и аккумуляции терригенных осадков в регионе показывает, что северо-восточная часть Балтийского щита является областью генерации целого ряда россыпных полезных ископаемых, тогда как бассейн Белого моря представляет собой природный накопитель и одновременно с этим гравитационный сепаратор.

Проведенные авторами настоящей статьи поисковые работы на алмазы в акватории Горла Белого моря показали, что в терригенных грубообломочных осадках встречаются минералы-спутники и отдельные зерна этого минерала.

Полученные в результате драгирования донных осадков пробы были разделены на фракции и последовательно изучены литологическими, петрографическими и минералогическими методами. Всего было отобрано 130 проб. Во всех из них изучалась фракция 0.5–1.0 мм. Ее состав представлен в основном породообразующими минералами и в большинстве своем темноцветными минералами: амфиболом, пироксеном и эпидотом. Их доля нередко составляет 100 % в тяжелой фракции. Второе и третье места по встречаемости занимают кианит и силлиманит. Этот факт находит свое объяснение в широком распространении на незначительном удалении от Терского берега (30–100 км к северо-западу) кианитовых сланцев Кейвской серии, пространственно сосредоточенных в бассейне самой многоводной на Кольском п-ове реки Поной. Источником граната (альмандин и андрадит) и особенно ставролита также являются кианитовые и ставролит-гранат-кианитовые сланцы Кейвских тундр. Но ареал распространения граната гораздо шире, поскольку гранат как породообразующий минерал присутствует в большом числе метаморфических пород всего региона. Повышенные количества биотита тяготеют к площади песков Понойской дельты. Изредка отмечаются перовскит, апатит, ильменит и сфен.

В более мелкой фракции (0.25–0.5 мм) также преобладают породообразующие темноцветные минералы: амфибол, пироксен и эпидот, но увеличивается относительная доля граната (до 30 %), сфена (до 30 %), ставролита (до 10 %), перовскита и биотита.

Обнаруженные авторами данной статьи минералы-спутники алмаза представлены гранатами, хромдиоксидами и муассанитами. Наиболее часто они встречались в классах 0.5–1.0 и 0.25–0.5 мм в виде целых кристаллов или их обломков. Степень окатанности зерен невысокая. В одной из проб найден хром-пироп, характерный для кимберлитов и включений в алмазах [32].

В большинстве своем гранаты – кальциевые пироп-альмандины, которые встречаются в кимберлитах, гранатовых лерцолитах, гранатовых оливковых вебстеритах и эклогитах. Форма зерен угловатая, неровная, что свидетельствует о незначительном удалении от источника сноса. В Ермаковском кимберлитовом поле такие гранаты обнаружены в взрывных мелилититах и ультраосновных фойдитах [36]. Учитывая незначительное содержание пироба в алмазоносных

кимберлитах Кольско-Архангельской провинции, даже его единичные находки представляют практический интерес. В хромсодержащих диопсидах встречены включения оливина и самородного железа, что является возможным признаком их кристаллизации на значительных глубинах. В морских осадках неоднократно был встречен еще один спутник алмаза – муассанит (SiC). Находки муассанита пространственно совпадают с находками хромсодержащих диопсидов и магнезиальных гранатов, что свидетельствует об их генетической связи. Встреченный единичный кристалл алмаза был размером 0.5–0.7 мм, с несколькими хорошо выраженными гранями. Кристалл – полупрозрачный, с серым оттенком. Форма кристалла близка к кубооктаэдру. Таким образом, в ходе минералогических исследований выявлены как прямые (находки алмаза и хром-пиропов), так и косвенные (находки пироп-альмандинов, хромсодержащих диопсидов, оливинов и муассанитов) признаки алмазоносности осадков Горла Белого моря.

Проведенный минералогический анализ шлиховых проб позволил выделить три перспективных участка на обнаружение россыпных алмазов в пределах акватории Горла Белого моря [32] (рис. 10). Эти участки совпадают с выделенными ранее на континентальной части Кольского полуострова перспективными на алмазоносность областями, в пределах которых были обнаружены минералы – спутники алмазов [38].



Рис. 10. Схема расположения установленных и предполагаемых кимберлитовых полей и россыпных скоплений алмазов в Горле Белого моря северо-восточной части Балтийского щита

## Выводы

В заключение следует отметить, что исследование процессов полистадийного развития структурно-вещественных комплексов северной части древней Восточно-Европейской и молодой Западно-Сибирской платформ и прилегающего Арктического шельфа в фанерозое привело к выявлению и обоснованию пространственно-временных закономерностей проявления четырех этапов приращения и преобразования континентальной литосферы. К первому можно отнести процессы формирования осадочных комплексов шельфа и континентального склона средне-позднерифейского и вендского возраста, которые маркировали пассивную окраину континента того времени и представлены сегодня отложениями Тимано-Варангерской шовной зоны. На следующем этапе произошло закрытие океана Япетус и формирование складчатых

образований североатлантических каледонид в раннем ордовике – позднем девоне (485–362 млн лет), а также приращение западной части Баренцевоморской плиты. Позднее, в процессе закрытия Палеоуральского океана, были сформированы орогенные комплексы герцинид Полярного Урала, Новой Земли и п-ова Таймыр. Произошло это в ранней перми – раннем триасе (290–245 млн лет), что привело к образованию единого Канадско-Евразийского континента, входящего в состав суперконтинента Пангея. Процессы каледоно-герцинской тектонической активизации способствовали формированию системы глубинных разломов, в узлы пересечения которых внедрялись крупные объемы магматических расплавов. Их рудная специализация привела к формированию целого ряда крупнейших месторождений полезных ископаемых на Балтийском щите и в прилегающих областях. Разрушение и перенос полезных компонентов части из них позволяет рассматривать Белое море как природный резервуар, аккумулирующий россыпные залежи. На завершающем этапе эволюции континентальной литосферы региона, в эоцене (около 55 млн лет назад), произошел его раскол и раскрытие современного Атлантического (северный сегмент) и Северного Ледовитого океанов. Каждое из перечисленных событий не только изменяло облик окраинных и внутренних областей описываемого региона за счет последовательного приращения континентальной коры и наращивания ее осадочного чехла, но и привело к закономерному распределению в пространстве и времени крупных и уникальных скоплений различных типов полезных ископаемых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.
2. Негруца В.З., Басалаев А.А., Чикирëв И.В. Баренцевоморский фосфоритовый бассейн. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1993. 119 с.
3. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Глобальная эволюция Земли. М.: Изд-во МГУ, 1991. 446 с.
4. Sorokhtin O.G., Chilingarian G.V., Sorokhtin N.O. Evolution of Earth and its climate // Elsevier Science. Developments in Earth and Environmental Sciences. 2011. Vol. 10. 763 p.
5. Сорохтин О.Г., Чилинга Дж.В., Сорохтин Н.О. Теория развития Земли (происхождение, эволюция и трагическое будущее). М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2010. 751 с.
6. Early stages of evolution of the arctic margins (Neoproterozoic/Paleozoic) and plate reconstructions / V.A. Vernikovskiy, D.V. Metelkin, A.E. Vernikovskaya, N.Yu. Matushkin, L.I. Lobkovskiy, E.V. Shipilov // 2011. Origins of Northeastern Russia: Paleomagnetism, Geology, and Tectonics. ICAM-VI. Abstracts, Fairbanks, Alaska, CD.
7. Vernikovskiy V.A., Vernikovskaya A.E. 2001. Central Taimyr accretionary belt (Arctic Asia): Meso–Neoproterozoic tectonic evolution and Rodinia breakup. Prec. Res., 110, 127–141.
8. Чумаков Н.М. Докембрийские тиллиты и тиллоиды (проблема докембрийских оледенений) // Тр. ГИН АН СССР. 1978. Вып. 308. 202 с.
9. Raaben M.E., Lubtsov V.V., Predovsky A.A. Correlation of stromatolitic formations of northern Norway (Finnmark) and northwestern Russia (Kildin Island and Kanin Peninsula). Nor. Geol. Unders. Spezial Publ. Trondheim. 1995. P. 233–246.
10. Милановский Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). М.: МГУ, 1996. 448 с.
11. Рифейская нефть полуострова Рыбачий: миф или ключ к принципиально новому направлению нефтегазопромысловых работ на шельфе Баренцева моря? / А.П. Симонов и др. // Вестник МГТУ. 1998. Т. 1, № 2. С. 121–140.
12. Сейсмогеологическая модель литосферы Северной Европы: Лапландско-Печенгский район / отв. ред. Н.В. Шаров. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 225 с.
13. Регионально-зональные сейсмогеологические работы МОВ-ОГТ на п-ове Рыбачий в комплексе с высокоточной гравиметрией с целью изучения геологического строения и перспектив нефтегазоносности рифейских отложений / Н.Г. Заможняя и др.. М., 2001. Фонды Мурмангеолкома.
14. Чикирëв И.В. Верхнедокембрийские фосфоритосодержащие отложения Кольского полуострова: автореф. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1995, 18 с.
15. Геология и потенциальная нефтегазоносность п-ова Рыбачий (Кольский полуостров). Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений / Н.О. Сорохтин и др. 2011. № 5. С. 14–19.
16. Вассерман Б.Я. Разведанность ресурсов углеводородов Тимано-Печорской нефтегазональной провинции на начало XXI в. // Геология нефти и газа. 2001. № 2. С. 10–16.
17. Объяснительная записка к тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России. Масштаб 1:2 500 000. М.: Изд-во ин-та Литосферы, 1996. 94 с.
18. Левашкевич В.Г. Закономерности распределения геотермического поля окраин Восточно-Европейской платформы (Баренцевоморский и Белорусско-Прибалтийский регионы): автореф. дис. ... д. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2005, 42 с.
19. Геодинамика нефтегазональных структур западной части Арктического шельфа Евразии / Н.О. Сорохтин и др. // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15, №2. (на английском языке для Геологического конгресса). С. 410–418.
20. Лобковский Л.И., Шипилов Э.В., Кононов М.В. Геодинамическая модель верхнемантийной конвекции и преобразования литосферы Арктики в мезозое и кайнозое // Физика земли. 2013. № 6. С. 1–19.
21. Geodynamic evolution of oil and gas basins in the European Part of the Eurasian Arctic Shelf / N.O. Sorokhtin, G.V. Chilingar, N. E. Kozlov & S. Shin // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. Vol. 34, Issue 22, December 2012. P. 2092-2103.
22. Добрынина М.И. Рифтогенез в геологической истории докембрия северной части Русской плиты // Глубинное строение и геодинамика кристаллических щитов европейской части СССР. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1992. С. 71–78.
23. Ветрин В.Р., Калинин М.М. Реконструкция процессов

внутрикорового и корово-мантийного магматизма и метасоматоза (по результатам изучения глубинных включений). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1992, 108 с. **24.** Пименов Б.А., Малышев Н.А. Оценка ресурсов и направления геолого-разведочных работ на нефть и газ в Мезенском седиментационном бассейне // Геология горючих ископаемых европейского севера России: тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 1995. Вып. 85. С. 26–40. **25.** Кузьмин Д.А. Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности верхнепротерозойских отложений Мезенского бассейна: дис. ... к.г.-м.н. М., 2006. **26.** Карбонатиты Хибин / О.Б. Дудкин и др. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1984. 96 с. **27.** Геология архея Балтийского щита / Н.Е. Козлов и др. СПб.: Наука, 2006. 345 с. **28.** Сорохтин О.Г., Митрофанов Ф.П., Сорохтин Н.О. Глобальная эволюция Земли и происхождение алмазов. М.: Наука, 2004. 260 с. **29.** Шпилев Э.В. О периодичности проявления основного магматизма в пределах Западно-Арктической окраины Евразии в фанерозое // Вестник МГТУ. 1998. Т. 1, № 3. С. 97–104. **30.** Нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа России и прогнозные критерии поиска УВ-сырья в прибрежной зоне Кольского региона / Н.О. Сорохтин, Н.Е. Козлов, Н.В. Куликов, В.Н. Глазнев, И.В. Чикирев // Вестник КНЦ РАН. 2010. №1. С. 66–82. **31.** Потенциальная нефтегазоносность западной части Арктического шельфа России и прогнозные критерии поиска УВ-сырья в прибрежной зоне Кольского полуострова / Н.О. Сорохтин, Н.Е. Козлов, В.Н. Глазнев, И.В. Чикирев // Вестник МГТУ. 2010. Т. 13, № 4/1. С. 736–750. **32.** Перспективы россыпной алмазоносности Кольского региона / Б.В. Гавриленко, Ф.П. Митрофанов, Д.Р. Зозуля, И.В. Чикирев, Н.О. Сорохтин, В.Ю. Калачев, В.И. Басалаева // Вестник МГТУ. 2000. Т. 3, № 2, С. 86–96. **33.** Сорохтин Н.О., Гавриленко Б.В., Поляков Н.В. Геолого-генетическая модель коренной и россыпной алмазоносности применительно к Северо-Западу России // Труды международной конференции "Новые идеи в науках о Земле". М., 1997. Т. 2. С. 87–89. **34.** Сорохтин О.Г., Митрофанов Ф.П., Сорохтин Н.О. Происхождение алмазов и перспективы алмазоносности восточной части Балтийского щита. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. 146 с. **35.** Поляков И.В. Перспективы алмазоносности Северной Карелии. Проблемы золотоносности и алмазоносности Севера Европейской части. Петрозаводск: Кар. научный центр РАН, 1997. С. 81–87. **36.** Поляков И.В., Калинин М.М. Алмазы и минералы-спутники в кимберлитах и рыхлых отложениях Терского берега Кольского полуострова. // ЗВМО. 1993. № 1. С. 96–101. **37.** Тимонов В.В. Схема общей циркуляции вод бассейна Белого моря и происхождения его глубинных вод // Труды Гос. океаногр. ин-та. 1947. Вып. 1/13. С. 118-131. **38.** Калинин М.М., Поляков И.В. Кимберлиты и родственные породы Терского берега Кольского полуострова // Проблемы золотоносности и алмазоносности Севера европейской части России. Петрозаводск, Кар. научный центр РАН, 1997. С. 117–123.

#### Сведения об авторах

Сорохтин Николай Олегович – д.г.-м.н., главный научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН); ведущий научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН; профессор Апатитского филиала МГТУ; e-mail: nsorokhtin@mail.ru

Лобковский Леопольд Исаевич – д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН; зам. директора Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН); e-mail: llobkovsky@ocean.ru

Козлов Николай Евгеньевич – д.г.-м.н., профессор, зав. лаб. Геологического института КНЦ РАН; директор Апатитского филиала МГТУ; e-mail: kozlovne@afmgtu.apatity.ru

Чикирев Игорь Владимирович – к.г.-м.н., доцент Апатитского филиала МГТУ, научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН; e-mail: chikiryeviv@afmgtu.apatity.ru

Никифоров Сергей Львович – д.г.н., зав. лаб. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН); e-mail: nikiforov@ocean.ru

УДК 550.4+553.061.12+235.4

**ГАББРОИДЫ СЕРГЕЕВСКОГО И КАЛИНОВСКОГО КОМПЛЕКСОВ  
СИХОТЭ-АЛИНЯ: ГЕОХИМИЯ И ИЗОТОПНЫЕ  
ОТНОШЕНИЯ САМАРИЯ, НЕОДИМА, СТРОНЦИЯ И СВИНЦА\***

**В.Т. Казаченко, С.Н. Лаврик, Е.В. Перевозникова, Н.В. Скосарева**  
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

**Аннотация**

Габброиды сергеевского и калиновского комплексов, а также породы Владимиро-Александровского массива имеют общий мантийный источник магматического материала – примитивную мантию (BSE). Образовались они в результате взаимодействия плюма с осадочными породами океанической коры, предположительно, судя по геохимическим особенностям и изотопному составу свинца, в основании островной дуги (габброиды и гранито-гнейсы Окраинско-Сергеевского террейна и его фрагментов и ультрабазиты Владимиро-Александровского массива) или океанических плато (габброиды калиновского комплекса). Они различаются между собой химическим составом присутствующей в них осадочной компоненты и, вероятно, возрастом. По меньшей мере с девона упомянутые структуры в виде двух цепочек островов располагались вблизи окраины Ханкайского массива.

**Ключевые слова:**

*габброиды, сергеевский комплекс, калиновский комплекс, геохимия, изотопия, Сихотэ-Алинь.*

**Введение**

Габброиды сергеевского и калиновского комплексов присутствуют в составе аллохтонов, образующих в современной структуре Сихотэ-Алиня две цепочки вблизи западной и восточной границ Самаркинского террейна (рис. 1). Аллохтоны у западной границы сложены габброидами калиновского комплекса. Наиболее крупный аллохтон второй цепочки, расположенный на юге Сихотэ-Алиня, известен в качестве самостоятельного Окраинско-Сергеевского террейна, а остальные считаются его фрагментами. Значительную часть Окраинско-Сергеевского террейна слагают крупные плутоны синкинематических габброидов сергеевского комплекса и гранито-гнейсов [1]. В габброидах присутствуют блоки метаморфических пород океанической природы, а в гранито-гнейсах – метатерригенных пород. Плутоны интродуцированы раннеордовикскими гранитами [1]. На габброидах сергеевского комплекса с осадочным контактом залегают верхнедевонские туфы [2], а на раннеордовикских гранитах – пермские морские, наземные вулканические и осадочные отложения [1]. На древних породах Окраинско-Сергеевского террейна, как можно полагать, сформировались карбон-пермские рифовые массивы Таухинского террейна, фрагменты которых встречаются в ассоциации с родингитами и глубоко метаморфизованными граносиенитами (со структурой “антирапакиви”), по изотопным и геохимическим особенностям аналогичными габброидам сергеевского комплекса (см. ниже). Габброиды сергеевского комплекса представлены метагаббро по С.В. Коваленко и И.А. Давыдову [3] или амфиболовыми габбро-, диорито-гнейсами по А.И. Ханчуку [1]. По данным С.М. Синецы [2], по химическому составу они относятся к ряду “габбро-кварцевый диорит” и прорваны дайками макаровских габбро, которые, по мнению этого автора, являются производными той же магмы. Согласно С.М. Синеце, габброиды сергеевского комплекса обладают гнейсовой текстурой и содержат “автомигматиты” в виде жил плагиогранитов и плагиоаплитов. Габброиды сергеевского комплекса по С.М. Синеце имеют додевонский

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00396-а) и Президиума РАН (проект № 12-1-П27-03).

возраст, так как в некоторых местах выступают из-под базальных девонских отложений [2].

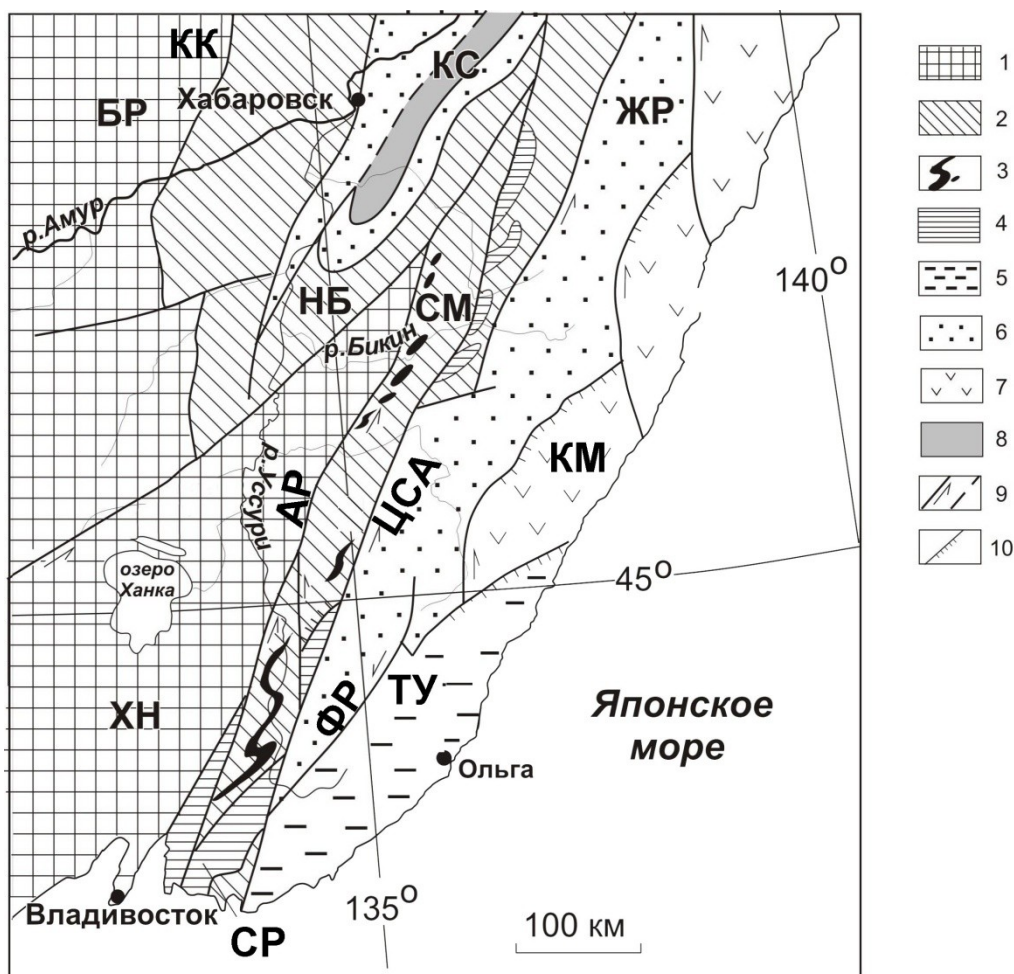


Рис. 1. Положение изученных объектов в Сихотэ-Алине. Тектоническая основа по А.И. Ханчуку [4] с небольшими изменениями:

1 – ХН – Ханкайский массив; БР – Буреинский массив; 2 – юрские террейны (фрагменты аккреционных призм): СМ – Самаркинский, НБ – Наданьхада-Бикинский; 3 – калиновские габброиды (девон?); 4 – Окраинско-Сергеевский террейн (СР) и его фрагменты, включенные в структуры юрской аккреционной призмы и испытавшие вместе с ними цикл син- и постаккреционных преобразований; 5, 6 – раннемеловые террейны-фрагменты: 5 – неокомовской аккреционной призмы (ТУ – Таухинский); 6 – приконтинентального спредингового турбидитового бассейна (ЖР – Журавлевско-Амурский); 7 – баррем-альбской островодужной системы (КМ – Кемский); 8 – альбской аккреционной призмы (КС – Киселевско-Маноминский); 9 – левые сдвиги, в том числе: КК – Куканский, АР – Арсеньевский, МФА – Мишань-Фушуньский (Алчанский), ЦСА – Центральный Сихотэ-Алинский, ФР – Фурмановский; 10 – надвиги

По предположению А.И. Ханчука [1], синкинематические интрузии габброидов и гранито-гнейсов возникли в результате плавления пород субдукционного комплекса. Окраинско-Сергеевский террейн образует тектонические покровы и клиппы на Самаркинском террейне юрской аккреционной призмы и совместно с последним смят в складки [1]. На юге Окраинско-Сергеевского террейна присутствуют выходы дунитов, троктолитов и анортозитов Владимиро-Александровского массива и серпентинитового меланжа (бухты Мелководная, Каплунова и др.),

а в северной части расположен базит-гипербазитовый массив кл. Кириенкова. По данным Р.А. Октябрьского [5], породы Владимиро-Александровского массива прорывают габброиды сергеевского комплекса. Фрагменты Украинско-Сергеевского террейна, как уже отмечалось выше, прослеживаются также вдоль Центрального Сихотэ-Алинского разлома. Самый северный из них – Хорский блок [6]. Одним из фрагментов Украинско-Сергеевского террейна, судя по геохимическим и изотопным данным для габброидов и присутствию в них блоков метаморфизованных офиолитов (см. ниже), является Каменский аллохтон, породы которого предыдущими исследователями относились к ариаднинскому [5], а сейчас включаются в состав калиновского комплекса. Фрагменты Украинско-Сергеевского террейна, как отмечалось выше, присутствуют и в Таухинском террейне. Аллохтоны относимого к среднему палеозою калиновского комплекса (Самаркинский, Чугуевский, Бреевский и др.) в Самаркинском террейне состоят из сильно измененных кортландитов, верлитов, вебстеритов, пироксенитов, габброноритов, норитов, габбро, дунитов, троктолитов и лерцолитов [5]. К этому же комплексу, по нашим данным (см. ниже), относятся и породы охарактеризованного относительно недавно [6, 7] дунитового массива окрестностей с. Дальний Кут на севере Приморья. Считается, что габброиды калиновского комплекса формировались в основании океанического плато [8]. По другим, более ранним, представлениям калиновские габброиды и габброиды Украинско-Сергеевского террейна слагали единый комплекс меланократового основания, на котором были заложены структуры Сихотэ-Алия. Датировки методами абсолютной геохронологии габброидов сергеевского комплекса варьируют от 200 до 2106 млн лет [3, 9]. Имеющиеся датировки калиновских габброидов колеблются от 100 до 410 млн лет [10].

Основная цель данных исследований – получение на основе геохимических и изотопных данных сведений об источниках магм и геодинамической природе габброидов сергеевского и калиновского комплексов, а также пород Владимиро-Александровского массива.

### Методика исследований

Определение содержаний породообразующих оксидов и потерь при прокаливании (п.п.п.) в магматических породах (табл. 1, 2) выполнено в лаборатории аналитической химии ДВГИ ДВО РАН методами гравиметрии ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и п.п.п.) и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре iCAP 6500Duo (Thermo Scientific Corporation, США) (прочих оксидов). Особенностью пробоподготовки являлось сплавление навески с метаборатом лития. Определение содержаний второстепенных элементов (табл. 2, 3) выполнено в лаборатории аналитической химии ДВГИ ДВО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Agilent 7500 с (Agilent Technologies, США). Особенностью пробоподготовки, как и в предыдущем случае, являлось сплавление навески с метаборатом лития.

Пробоподготовка и измерения изотопного состава Nd и Sm (табл. 3) выполнены в Геологическом институте Кольского научного центра РАН. Анализы выполнялись на семиканальном твердофазном масс-спектрометре Finnigan-MAT 262 (RPQ) в статическом двухленточном режиме с использованием ренийевых и танталовых лент. Среднее значение отношения  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в стандарте La Jolla за периоды измерений составило  $0.511835 \pm 18$  ( $N=15$ ). Ошибка в  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  отношениях составляет 0.3 % ( $2\sigma$ ) – среднее значение из 7 измерений в стандарте BCR. Погрешность измерения изотопного состава Nd в индивидуальном анализе не превышала 0.004 %. Холостое внутрилабораторное загрязнение по Nd и Sm составляло 0.3 и 0.06 нг соответственно, а точность определения их концентраций –  $\pm 0.5$  %. Изотопные отношения нормализованы по  $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.7219$  и пересчитаны на принятую величину  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в стандарте La Jolla= $0.511860$ .



Таблица 1

Результаты определения содержания породообразующих оксидов в магматических породах, мас. %

№п/п	Проба	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	п.п.п. 13	Сумма 14
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	С-10-08-Д	46.90	1.21	16.60	10.60	0.21	6.75	8.85	3.29	0.38	0.24	0.05	4.50	99.57
2	С-10-09-Б	50.90	1.31	12.90	7.99	0.17	3.63	8.85	3.08	1.84	0.20	0.05	8.70	99.61
3	С-10-12В	45.10	1.56	18.09	11.79	0.17	6.72	9.01	3.26	1.11	0.12	не обн.	2.80	99.72
4	С-10-18	45.60	1.25	17.15	13.59	0.18	4.74	10.42	2.44	0.41	0.07	0.25	4.30	100.40
5	С-10-26-А	45.78	1.34	15.95	10.91	0.20	6.45	15.34	2.04	0.26	0.45	0.03	1.51	100.26
6	С-10-26-Б	42.62	1.84	21.46	11.08	0.17	4.72	12.31	2.47	0.66	0.63	0.05	1.61	99.62
7	С-10-08-Е	49.40	1.91	15.38	13.86	0.22	4.42	8.23	3.06	0.07	0.22	не обн.	3.70	100.47
8	С-10-09-А	45.80	1.67	16.78	12.46	0.21	5.52	9.64	2.88	0.05	0.15	0.17	4.40	99.73
9	С-10-12Д	41.50	1.68	23.26	7.57	0.08	7.00	12.09	1.80	1.22	0.03	0.40	3.60	100.23
10	С-10-19	47.00	1.36	19.18	10.55	0.18	4.33	10.21	3.50	0.25	0.11	не обн.	3.00	99.67
11	Л-10-2В	51.20	1.14	23.07	6.52	0.13	1.95	7.68	5.21	1.26	0.31	0.20	1.75	100.42
12	Л-10-2Г	50.52	1.39	21.12	7.48	0.15	2.03	8.33	5.63	0.55	0.42	0.30	2.50	100.41
13	Л-10-1	45.80	2.06	11.35	13.14	0.23	2.98	15.06	0.96	0.21	0.19	0.25	8.10	100.32
14	Л-10-1-А	48.40	2.55	14.03	15.16	0.26	5.69	7.79	3.13	0.52	0.16	0.45	2.10	100.24
15	ВА-1	37.60	0.32	10.91	12.67	0.15	20.96	5.99	0.47	0.08	0.02	0.72	7.50	97.40
16	ВА-4	38.35	0.09	16.90	10.19	0.13	15.01	9.12	0.84	0.23	0.02	0.52	6.31	97.71
17	ВА-6	36.87	0.05	10.41	13.16	0.16	32.78	5.37	0.08	0.01	0.02	0.43	8.89	99.23
18	ВА-11	35.66	0.08	3.4	16.61	0.22	31.89	1.48	0.16	0.02	0.03	0.95	9.30	99.80
19	ВА-12	40.20	0.02	29.77	2.73	0.03	1.98	19.37	0.89	0.11	0.03	0.20	4.40	99.73
20	ВА-13	39.81	0.09	24.38	7.35	0.09	6.96	14.32	0.97	0.24	0.02	0.25	4.80	99.28
21	12-6-2	34.35	0.19	1.66	16.01	0.11	32.54	0.43	0.01	<0.01	<0.01	7.06	8.38	100.74
22	12-6-6	35.94	0.16	3.23	14.88	0.10	30.65	2.62	0.08	<0.01	0.02	3.07	8.26	99.01
23	12-6-8	39.26	0.30	17.23	8.45	0.14	14.48	12.15	1.16	0.07	0.02	0.92	5.43	99.59
24	12-6-10	38.35	1.74	16.81	13.63	0.20	9.98	13.19	1.46	0.04	0.02	0.50	3.2	99.11
25	12-6-11	40.39	1.40	14.76	11.89	0.16	16.04	10.39	1.60	0.21	0.01	0.64	2.21	99.70
26	12-6-15	40.15	1.39	19.40	7.91	0.09	10.06	14.52	1.30	0.10	0.01	0.37	3.82	99.12
27	12-6-16	40.76	0.12	21.94	5.79	0.08	9.44	12.40	1.34	0.18	0.01	0.95	5.46	98.48
28	12-6-20	42.72	0.20	6.18	12.87	0.17	23.64	6.92	0.18	0.04	0.03	1.00	6.15	100.09
29	12-7-1	41.81	1.44	20.87	8.05	0.09	8.95	13.09	1.53	0.54	0.01	0.31	2.76	99.46
30	12-Дк-2	37.91	1.05	1.23	12.46	0.18	26.02	9.68	0.10	<0.01	0.00	1.14	10.5	100.26
31	12-Дк-3	37.71	0.34	0.78	14.12	0.17	33.20	3.12	0.07	0.00	0.00	1.04	9.73	100.27
32	12-Дк-4	42.70	0.37	1.09	13.82	0.20	25.99	7.78	0.08	0.00	<0.01	1.06	7.21	100.30

Примечание: 1–10 – сергеевские габброиды (1–5) и офиолиты (6–10); (11–14) – каменные габброиды (11, 12) и офиолиты (13, 14); 15–32 – габброиды: владими́ро-александровские (15–20); бревские (21–29) и окрестностей с. Дальний Кут (30–32). Все железо принято за трехвалентное. Аналитики: Н.В. Зарубина, Г.А. Горбач, Е.А. Ткалина, Н.В. Хуркало, В.Н. Каминская.

Петрохимические (мас. %), геохимические (г/т) и изотопные характеристики граносиенитов Мокрушинской площади

Проба/ окисел	11-27	11-32	Проба/ элемент	11-27	11-18	11-32	Проба/ изотопное отношение	11-27	11-18
SiO <sub>2</sub>	66.40	66.13	<b>V</b>	38.2	31.3	41.3	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	0.706124	0.706298
TiO <sub>2</sub>	0.59	0.61	<b>Y</b>	31.31	28.26	31.85	+/-	5	5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.77	15.49	<b>Zr</b>	447.8	357.3	485.2	<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd	0.512477	0.512499
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> _общ.	4.64	4.19	<b>Nb</b>	15.38	13.66	16.61	+/-	6	4
MnO	0.12	0.10	<b>La</b>	35.563	33.519	37.179			
MgO	0.98	0.85	<b>Ce</b>	76.265	73.206	80.056			
CaO	2.57	2.67	<b>Pr</b>	9.359	8.648	9.578			
Na <sub>2</sub> O	5.08	5.52	<b>Nd</b>	38.429	34.590	38.715			
K <sub>2</sub> O	2.42	1.86	<b>Sm</b>	7.990	6.920	7.720			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.19	<b>Eu</b>	2.461	2.006	2.325			
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.23	0.22	<b>Gd</b>	7.104	5.768	6.553			
п.п.п.	1.24	1.2	<b>Tb</b>	1.126	0.907	1.163			
Сумма	100.24	99.03	<b>Dy</b>	6.430	5.451	6.491			
			<b>Ho</b>	1.257	1.044	1.285			
			<b>Er</b>	3.827	3.163	3.608			
			<b>Tm</b>	0.528	0.461	0.537			
			<b>Yb</b>	3.277	3.200	3.602			
			<b>Lu</b>	0.520	0.454	0.529			
			<b>Hf</b>	10.38	7.55	10.48			
			<b>Ta</b>	0.6966	0.6811	0.8291			
			<b>Th</b>	6.3605	5.9830	6.7780			

Пробоподготовка и измерения изотопного состава Pb и Sr (табл. 4) выполнены в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН (г. Санкт-Петербург). Подготовка проб, включая химическое разложение и последующее выделение элементов, подробно описана в работе Саватенкова [11]. Изотопный анализ Pb выполнялся на многоколлекторном масс-спектрометре Finnigan MAT261 в режиме одновременной регистрации ионных токов исследуемых элементов с погрешностью внутри опыта 0.01 % (2σ). Изотопный состав Pb измерялся в одноленточном режиме на рениевых испарителях. Для измерений использовался силикатный эмиттер в смеси с H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Общий уровень лабораторного загрязнения Pb не превышал 0.1 и 0.01 нг соответственно. Поправка изотопных отношений Pb на фракционирование проводилась по методике двойного изотопного разбавления с использованием трассера <sup>235</sup>U-<sup>204</sup>Pb-<sup>207</sup>Pb [12]. Ошибки измерения изотопных отношений <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb и <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb, определенные по серии параллельных анализов стандарта породы BCR-1, не превышают 0.03, 0.03 и 0.05 % соответственно.

Таблица 3

Содержания некоторых элементов-примесей в габроидах Сихотэ-Алиня, г/т

Элемент/ Проба	С-10-09-Б		С-10-12-В		С-10-12-Д		С-10-18		С-10-26-А		С-10-19		С-10-26-Б		С-10-08-Д		С-10-08-Е		С-10-09-А		Л-10-2-В		Л-10-2-Г		Л-10-1		Л-10-1-А		ВА-1		ВА-4								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32							
V	142.4	450.6	347.6	536.7	204.6	293.9	249.7	231.6	517.0	397.5	85.02	89.17	447.8	518.0	76.90	26.40																							
Y	28.11	21.35	11.88	15.02	37.24	29.39	36.79	18.42	29.08	35.12	21.06	20.79	54.21	52.41	3.69	1.06																							
Zr	191.9	32.33	14.77	82.34	152.2	79.14	69.64	52.54	70.79	83.09	803.2	519.7	132.3	137.5	9.92	4.13																							
Nb	20.6153	4.5278	1.0083	2.7143	7.2953	1.2358	4.6718	3.8900	2.0140	2.3865	3.4400	4.5415	2.8060	3.3265	0.4606	0.1766																							
La	28.325	11.582	1.935	11.6379	22.993	2.926	12.688	11.050	5.671	4.010	10.318	15.664	4.507	4.717	1.063	0.826																							
Ce	55.7066	28.0016	5.4766	20.9866	51.3066	8.2816	34.0166	24.1603	14.5003	10.5353	24.9553	33.5553	13.6653	13.7903	2.7241	1.6236																							
Pr	6.194	4.080	0.929	2.483	7.104	1.409	5.419	3.208	2.070	1.836	3.723	4.389	2.213	2.339	0.386	0.217																							
Nd	25.1405	18.55047	5.55547	10.24547	32.09547	7.65547	26.91047	13.76647	11.37647	9.32647	17.35147	19.2865	12.86147	13.29147	2.31047	0.88097																							
Sm	5.054	4.402	1.787	2.1971	6.624	2.686	6.794	2.827	3.305	3.073	4.008	4.059	4.472	4.652	0.516	0.176																							
Eu	1.283	1.357	0.844	0.830	2.121	1.241	2.405	1.337	1.328	1.289	2.116	2.175	1.592	1.633	0.257	0.185																							
Gd	5.575	4.455	2.139	2.581	7.315	3.908	7.365	3.617	4.451	4.913	3.985	4.899	6.870	6.570	0.801	0.229																							
Tb	0.700	0.625	0.371	0.425	1.129	0.705	1.039	0.474	0.725	0.757	0.623	0.635	1.138	1.213	0.125	0.020																							
Dy	4.211	3.085	1.972	2.123	5.726	3.863	5.796	2.687	4.196	4.667	3.178	3.405	7.007	7.192	0.571	0.172																							
Ho	0.927	0.738	0.391	0.442	1.206	0.965	1.294	0.604	0.973	1.147	0.731	0.716	1.726	1.749	0.125	0.040																							
Er	2.350	1.888	1.070	1.560	3.545	2.858	3.365	1.647	2.830	3.202	2.167	2.103	5.167	5.247	0.358	0.116																							
Tm	0.359	0.230	0.130	0.206	0.448	0.381	0.433	0.224	0.343	0.482	0.242	0.247	0.732	0.696	0.042	0.015																							
Yb	2.20242	1.6274	0.7054	1.1809	2.7424	2.1669	2.5739	1.4720	2.1825	2.72350	1.7920	1.6420	4.5715	4.61050	0.2346	0.05252																							
Lu	0.3148	0.2465	0.105	0.1849	0.4322	0.322	0.34775	0.2177	0.3616	0.3951	0.2153	0.2836	0.806	0.6696	0.0315	0.0089																							
Ta	1.0607	0.1413	0.0413	0.1022	0.3213	0.0520	0.1135	0.1764	0.0987	0.1329	0.0969	0.1573	0.1704	0.1959	0.00970	0.00599																							
Th	6.11129	0.299385	0.063035	0.488185	0.803785	0.081185	0.057435	0.114266	0.416216	0.143116	0.081316	0.15682	0.230016	0.244566	0.06429	0.017690																							
<sup>147</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	0.123933	0.138629	0.201120	0.135267	0.134950	0.215443	0.158623	0.141144	0.185533	0.208672	0.141447	0.131277	0.206829	0.216055	0.172660	0.131947																							
<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd	0.512518	0.512435	0.512554	0.512407	0.512466	0.513103	0.512335	0.512424	0.512972	0.513141	0.512575	0.512547	0.513214	0.513171	0.512596	0.512664																							
Err	10	5	14	9	10	18	16	4	3	10	11	10	5	7	17	10																							

Окончание таблицы 3

Элемент/ Проба	ВА-6		ВА-11		ВА-12		ВА-13		12_6_6		12_6_2		12_6_8		12_6_10		12_6_11		12_6_15		12_7_1		12_6_16		12_6_20		12_Дк_2		12_Дк_3		12_Дк_4			
	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	31	32	31	32	31	32	31	32	31	32	31	32	31	32			
V	22.10	27.94	7.44	25.99	49.60	66.55	111.3	364.4	353.9	433.60	404.6	28.53	68.20	179.5	105.1	149.7																		
Y	0.57	1.09	0.41	1.15	1.57	1.58	3.41	17.94	13.10	9.14	11.48	1.03	2.33	5.21	2.53	4.98																		
Zr	2.05	2.07	2.13	4.70	1.24	1.03	3.30	11.89	16.76	5.37	6.56	1.28	3.27	13.44	3.45	4.55																		
Nb	0.1398	0.1461	0.1354	0.1974	0.1203	0.0524	0.2254	0.8825	1.1030	0.4625	0.5195	0.2059	1.0705	0.6730	0.0576	0.0695																		
La	0.4520	0.406	1.0427	1.045	0.1961	0.2665	0.4135	0.9055	1.2215	0.525	0.9135	0.2725	0.9735	1.0930	0.3340	0.4130																		
Ce	0.7861	0.8106	1.7396	1.8761	0.4904	0.3946	1.7649	4.2119	4.2214	2.036	2.6634	0.9354	1.9174	3.945	1.2619	1.5469																		
Pr	0.126	0.114	0.114	0.191	0.281	0.073	0.316	0.994	0.925	0.519	0.674	0.123	0.305	0.723	0.242	0.310																		
Nd	0.54447	0.61547	0.79947	1.36947	0.712	0.380	1.593	6.316	5.651	3.358	3.587	0.6610	1.209	3.574	1.344	2.132																		
Sm	0.0946	0.179	0.0880	0.214	0.2963	0.1256	0.7952	3.0507	2.2012	1.569	2.1737	0.2053	0.6412	1.4747	0.4376	0.6587																		
Eu	0.102	0.091	0.223	0.239	0.664	0.134	0.326	1.191	0.811	0.671	0.834	0.217	0.202	0.405	0.187	0.317																		
Gd	0.161	0.277	0.135	0.135	0.461	0.306	0.736	3.488	2.467	1.747	2.215	0.260	0.379	1.389	0.660	0.946																		
Tb	0.011	0.032	0.019	0.040	0.068	0.054	0.136	0.600	0.377	0.298	0.400	0.084	0.083	0.226	0.098	0.170																		
Dy	0.064	0.150	0.042	0.140	0.369	0.440	0.700	4.207	3.076	2.255	2.591	0.364	0.501	1.335	0.679	1.145																		
Ho	0.021	0.033	0.011	0.051	0.085	0.075	0.131	0.717	0.498	0.425	0.387	0.066	0.087	0.213	0.106	0.179																		
Er	0.066	0.101	0.031	0.118	0.180	0.158	0.389	2.143	1.342	0.920	1.351	0.100	0.234	0.535	0.264	0.525																		
Tm	0.004	0.007	0.006	0.018	0.042	0.012	0.047	0.354	0.186	0.146	0.199	0.053	0.031	0.044	0.023	0.080																		
Yb	0.03222	0.04237	0.0092	0.0388	0.119	0.168	0.298	1.610	0.956	0.686	0.820	0.088	0.114	0.2577	0.1938	0.3324																		
Lu	0.0060	0.012	0.01145	0.0157	0.0698	0.0333	0.0728	0.3433	0.2119	0.1519	0.1537	0.1685	0.0556	0.0857	0.0697	0.0586																		
Ta	0.02129	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.0382	0.04	0.07	0.10	0.02	0.02	0.0474	0.0578	0.0883	0.0118	0.0252																		
Th	0.005360	0.01222	0.012685	0.031715	0.092050	0.072700	0.014225	0.058000	0.019780	0.044180	0.0460	0.042775	0.0715	0.04652	0.04312	0.02538																		
147Sm/144Nd	0.125464	0.220600	0.084818	0.123947	0.180206	0.231752	0.196443	0.235332	0.212187	0.233544	0.235848	0.147471	0.151256	0.144712	0.210383	0.224553																		
143Nd/144Nd	0.512510	0.512646	0.512464	0.512562	0.512681	0.512668	0.512626	0.512635	0.512727	0.512711	0.512689	0.512423	0.512639	0.512777	0.512929	0.512881																		
ErT	18	15	18	14	14	13	4	13	5	13	18	16	18	19	5	14																		

**Примечание:** 1-10 - сергеевские габброиды (1-5) и офиолиты (6-10); 11-14 - каменные габброиды (11,12) и офиолиты (13,14), 15-32 - габброиды: владими́ро-александровские (15-20), бревские (21- 29) и окрестностей с. Дальний Кут (30-32). Аналитики: Н.В. Зарубина, Ю.М.Иванова, М.Г. Блохин.

## Изотопные отношения свинца и стронция в сергеевских, владими́ро-александровских и бреевских габброидах

№п/п	Проба	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	+/-2 $\sigma$ , %	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	+/-2 $\sigma$ , %	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	+/-2 $\sigma$ , %	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	+/-2 $\sigma$
1	С-10-08-Д	18.1933	0.039	15.5889	0.043	38.0340	0.052		
2	С-10-09-Б	19.3350	0.040	15.6382	0.043	39.4512	0.053	0.706888	3
3	С-10-12-В	18.1222	0.039	15.5661	0.043	38.0902	0.053	0.706552	6
4	С-10-18	18.6195	0.039	15.6277	0.043	38.4082	0.053		
5	С-10-26-А	18.7321	0.039	15.6157	0.043	38.4249	0.052	0.707144	3
6	С-10-08-Е	18.4516	0.040	15.5429	0.043	38.2978	0.053		
7	С-10-09-А	18.5824	0.041	15.4608	0.045	37.7261	0.054		
8	С-10-12-Д	18.0960	0.039	15.5524	0.043	37.8791	0.052	0.706491	5
9	С-10-19	18.1909	0.042	15.2269	0.045	36.8580	0.054	0.705625	6
10	С-10-26-Б	18.5233	0.040	15.6171	0.044	38.3041	0.053		
11	ВА-6	18.1693	0.045	15.5799	0.049	38.0934	0.057		
12	ВА-11	18.2982	0.046	15.5846	0.049	38.1120	0.057		
13	ВА-12	18.1491	0.040	15.5843	0.045	38.0650	0.061		
14	ВА-13	18.1968	0.040	15.5791	0.044	38.0880	0.053		
15	12-6-2	18.0044	0.040	15.5482	0.043	37.9255	0.053	0.706238	4
16	12-6-6	18.0945	0.041	15.6185	0.045	38.1569	0.054	0.706003	4
17	12-6-8	18.0433	0.040	15.5973	0.044	38.0615	0.053	0.705927	5
18	12-6-10	18.0835	0.039	15.5621	0.043	37.9817	0.052	0.705932	5
19	12-6-11	18.0890	0.040	15.5781	0.044	38.0154	0.053	0.705900	4
20	12-6-15	18.0343	0.039	15.5748	0.043	37.9931	0.052		

*Примечание.* 1–10 сергеевские габброиды (1–5) и офиолиты (6–10); 11–20 – габброиды: владими́ро-александровские (11–14) и бреевские (15–20).

Определение изотопного состава Sr и Nd (табл. 3) проводилось там же на многоколлекторном твердофазном масс-спектрометре Triton. Воспроизводимость результатов определения концентраций Sr и Nd, вычисленная на основании многократных анализов стандарта BCR-1, составляла  $\pm 0.5\%$ , а величина холостого опыта – 0.2 нг и 0.5 нг соответственно. В результате анализа стандартного образца BCR-1 (по 6 измерениям) получены следующие значения:  $[\text{Sr}] = 336.7$  мкг/г,  $[\text{Nd}] = 28.13$  мкг/г,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.705036 \pm 22$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512642 \pm 14$ . Воспроизводимость изотопных анализов контролировалась определением состава стандарта SRM-987. За период измерений Sr полученное значение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в стандарте SRM-987 соответствовало  $0.710241 \pm 15$  ( $2\sigma$ , 10 измерений), а величина  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в стандарте La Jolla составила  $0.511847 \pm 8$  ( $2\sigma$ , 12 измерений). Изотопный состав Sr нормализован по величине  $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 8.37521$ , а состав Nd – по величине  $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.7219$ . Изотопный состав Sr приведен к табличному значению стандарта SRM-987  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.710240$ . Изотопный состав Nd приведен к табличному значению стандарта La Jolla  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511860$ .

### Результаты исследований

Результаты изучения петрографии, петрохимии и минералогии габброидов калиновского и сергеевского комплексов изложены в работе Р.А. Октябрьского [5]. Дополнительные сведения приведены в работах С.В. Коваленко и И.А. Давыдова [3], С.Н. Сеницы [2], А.И. Ханчука и И.В. Панченко [8] и других авторов. Поэтому в данной работе вопросы петрографии, петрохимии и минералогии габброидов почти не затрагиваются.

Из-за метаморфизма (вплоть до сланцев и гнейсов) изученных в данной работе габброидов Бреевского аллохтона и окрестностей с. Дальний Кут (калиновский комплекс), а также габброидов и офиолитов окрестностей сел Сергеевка и Каменка (Украинско-Сергеевский

террейн и его фрагменты), их диагностика по минеральному составу во многих случаях невозможна. Сергеевские и каменные габброиды по текстурным и структурным особенностям, а также по степени метаморфизма практически неотличимы друг от друга. В тех и других иногда встречаются хлорит-эпидот-амфиболовые сланцы и разности, частично сохранившие структурные признаки базальтов. Эти породы, а также габбро и троктолиты слагают блоки измененных магматических пород океанической коры (офиолитов) в интрузивных сергеевских и каменных габброидах (далее – габброиды), что подтверждается геохимическими и изотопными данными (см. ниже). Наиболее часто сергеевские и каменные габброиды сложены относительно крупными выделениями роговой обманки и измененного плагиоклаза и в качестве эпигенетических образований содержат обильные выделения калиевого полевого шпата, альбита, эпидота, пренита, более поздних амфибола и кварца, а также зерна апатита, циркона, алланита и других минералов. В каменных габброидах встречаются единичные мельчайшие зерна самородной платины. Мельчайшие зерна циркона присутствуют в рассеянном состоянии, а более крупные (диаметром до 0.1 мм) очень “свежие” кристаллы образуют прерывистые линейные зонки и иногда содержат включения такого же “свежего” альбита в сростании с кристаллами апатита, что свидетельствует об их эпигенетической природе. В габброидах Бреевского аллохтона и окрестностей с. Дальний Кут из первичных минералов лишь изредка встречаются реликтовые выделения оливина, пироксена и шпинели. Первичный плагиоклаз, как правило, нацело замещен тонкой смесью вторичных минералов. В изначально богатых оливином разностях наблюдается резкое преобладание серпентина и магнетита. Для остальных разностей характерно обилие роговой обманки, слагающей относительно крупные таблитчатые кристаллы (первичный характер которых, тем не менее, вызывает сомнение) и более мелкие, явно эпигенетические выделения.

Габброиды Владимиро-Александровского массива, сергеевского и калиновского комплексов представлены ультраосновными и основными (кроме средних по составу сергеевских диоритов и кварцевых диоритов) породами нормальной и умеренно-щелочной серий (рис. 2, а). Базиты сергеевского и калиновского комплексов относятся преимущественно к толеитовой и высококалийевой известково-щелочной сериям (рис. 2, в). Среди офиолитов, судя по расположению точек на диаграмме (рис. 2, б) и структурным особенностям пород, встречаются базальты, габбро и троктолиты. Присутствующие в сергеевских и калиновских габброидах офиолиты иногда тоже отличаются высокими содержаниями  $K_2O$ , соответствующими высококалийевой известково-щелочной серии, однако это обстоятельство, так же как и некоторые особенности мультиэлементных спектров, очевидно, связано с изменением химического состава этих пород в результате метаморфизма.

На разнообразных петрохимических диаграммах габброиды Владимиро-Александровского массива, калиновского и сергеевского комплексов обычно образуют три общих тренда или поля, совпадающие с трендами или полями магматических пород супрасубдукционных офиолитов Южного Тибета [12], – ультрабазитов малоглиноземистой (дунит-перидотит-пироксенитовой) и глиноземистой (дунит-троктолит-анортозитовой) серий, а также габбро, базальтов и диабазов (см. рис. 2, б). Таким образом, в петрохимическом отношении габброиды и офиолиты сергеевского и калиновского комплексов, а также габброиды Владимиро-Александровского массива близки друг к другу и к офиолитам супрасубдукционной океанической коры Южного Тибета.

Мультиэлементные спектры сергеевских и каменных габброидов и офиолитов (окрестности с. Сергеевка и Каменка), а также габброидов Бреевского аллохтона, окрестностей с. Дальний Кут и Владимиро-Александровского массива сопоставимы по форме и обладают признаками спектров IAB-типа (рис. 3, а, б), которыми последние отличаются, в частности, от спектров OIB-типа, а именно максимумами Ba, U и Sr и минимумами Th и Nb. Для каменных габброидов характерно очень высокое содержание Zr и, соответственно, резко выраженные максимумы этого элемента в спектрах. REE-спектры сергеевских и каменных габброидов соответствуют IAB-типу, а присутствующих в них метаморфизованных офиолитов – MORB-типу (рис. 3, в). REE-спектры ультрабазитов Владимиро-

Александровского массива по форме повторяют спектры IAB-типа (см. рис. 3, в), а Бреевского аллохтона и дунитового массива с. Дальний Кут – спектры MORB-типа (рис. 3, г).

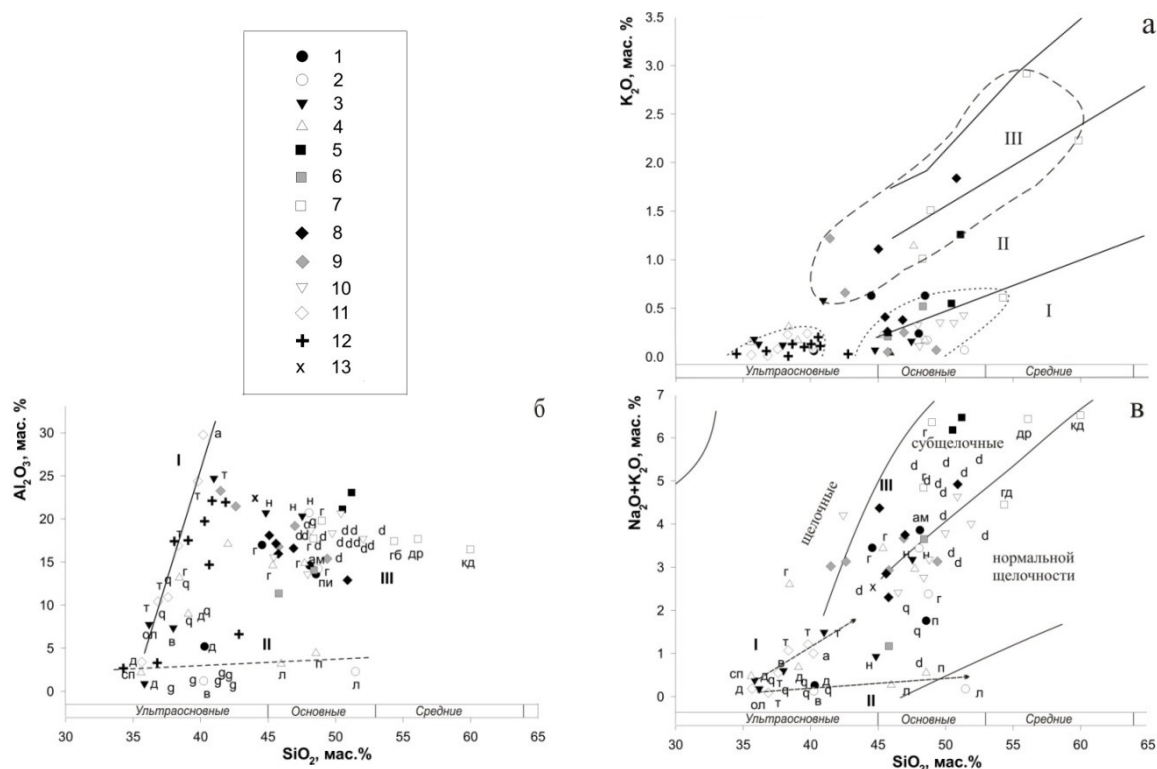


Рис. 2. Положение габброидов на некоторых петрохимических диаграммах:

1–4 – магматические породы Самаркинского (1), Чугуевского (2) и Бреевского (3) аллохтонов и массива кл. Кириенкова (4) по Р.А. Октябрьскому [5]; 5, 6 – каменные базиты (5) и офиолиты (табл. 1); 7 – породы сергеевского комплекса по С.М. Синице [2]; 8, 9 – сергеевские габброиды (8) и офиолиты (9) (табл. 1); 10 – сергеевские габброиды по С.В. Коваленко [3]; 11 – владимиро-александровские ультрабазиты; 12 – бреевские габброиды; 13 – гранатовое габбро Бреевского аллохтона по А.И. Ханчуку, И.В. Панченко [8]. Буквы на рисунке (в русской транскрипции относятся к условным значкам на диаграмме, в английской – использованы вместо условных значков): сп – серпентиниты; д – дуниты; ол – оливиниты; в – верлиты; л – лерцолиты; т – троктолиты; а – анортозиты; г – габбро; н – габбронориты; гд – габбродиориты; д – диориты; кд – кварцевые диориты; ам – амфиболиты; пи – пироксениты; g – “мантийные перидотиты” (дуниты и гарцбургиты) Южного Тибета; q – кумуляты (троктолиты, перидотиты и габбро) Южного Тибета; d – базальты и диабазы Южного Тибета;

Рис. 2, а: I – толеитовая серия, II – известково-щелочная серия, III – высококальциевая известково-щелочная серия;

Рис. 2, б, в: I – дунит-троктолит-анортозитовая серия; II – дунит-перидотит-пироксенитовая серия; III – поле базитов

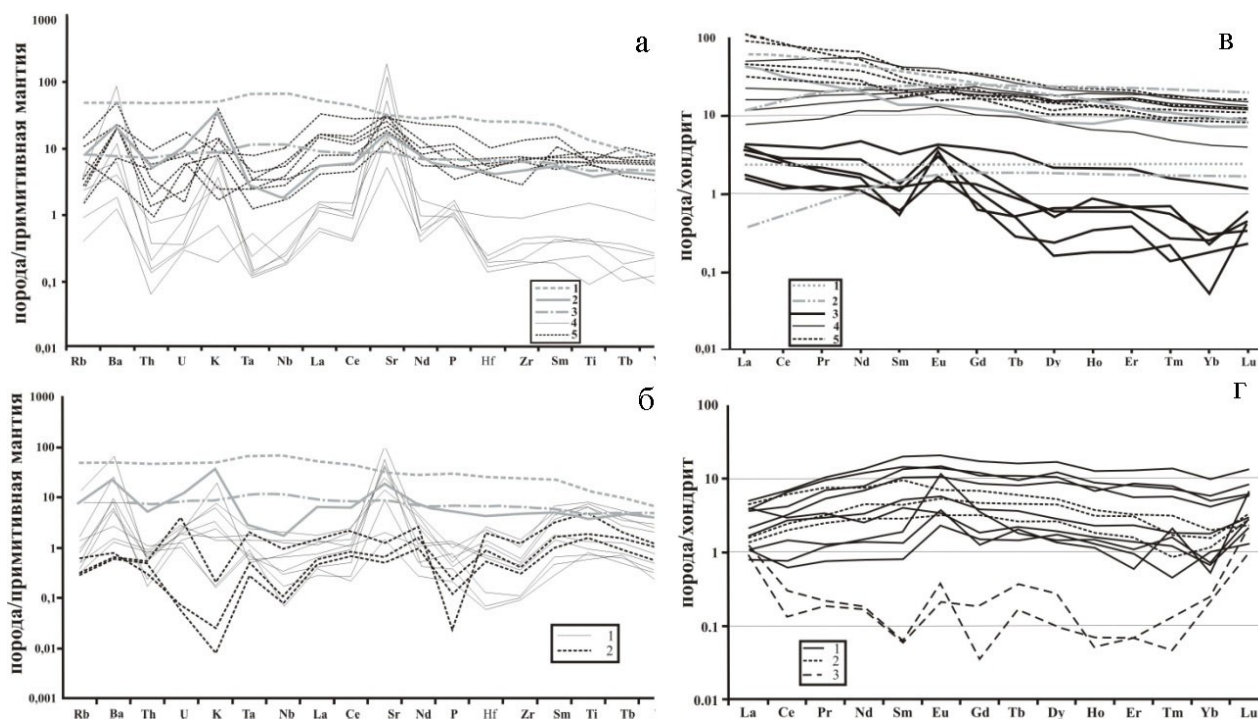


Рис. 3. Мультиэлементные (а, б) и REE (в, г) спектры габброидов и офиолитов:

а) 1–3 – OIB (1), IAB (2), MORB (3); 4–5 – владими́ро-але́ксандро́вские габброиды (4), сергеевские габброиды и офиолиты (5); б) 1, 2 – калиновские габброиды (Бреевский аллохтон) (1), массива Дальнего Кута (2). Остальные условные обозначения см. на рис. 2, а. в) 1 – примитивная мантия; 2 – деплетированная мантия; 3–5 – владими́ро-але́ксандро́вские (3), сергеевские офиолиты (4) и габброиды (5). Остальные условные обозначения см. на рис. 2, а; г) 1–2 – габброиды калиновские (Бреевский аллохтон) (1) и массива Дальнего Кута (2); 3 – серпентиниты бухты Мелководной. Для нормирования содержаний и построения эталонных спектров использованы геохимические данные С.С. Сана, У.Ф. МакДонафа [13] (для OIB и MORB); М.Т. Маккаллока, Ж.А. Гэмбла [14] (для IAB); У.Ф. МакДонафа и др. [15] и Д.А. Вуда и др. [16] (для примитивной мантии); Х. Палмэ, Х.Ст. О'Нэйлла [17] (для деплетированной мантии)

На диаграмме “Sm/Nd-Sm/Eu” (рис. 4, а) точки габброидов и метаморфизованных офиолитов образуют четыре тренда. Тренд I соответствует владими́ро-але́ксандро́вским ультрабазитам с REE-спектрами IAB-типа. На тренде II размещены точки сергеевских и каменных габброидов с REE-спектрами IAB-типа. На тренде III располагаются точки сергеевских и каменных офиолитов со спектрами MORB-типа. Точки бреевских габброидов образуют самостоятельный тренд IV, располагающийся выше трендов владими́ро-але́ксандро́вских, каменных и сергеевских габброидов и офиолитов.

На диаграмме “Sm/Nd-Nd” (рис. 4, б) точки владими́ро-але́ксандро́вских ультрабазитов, сергеевских и каменных габброидов со спектрами IAB-типа расположены в области более низких Sm/Nd-отношений по сравнению с точками бреевских ультрабазитов, а также сергеевских и каменных офиолитов со спектрами MORB-типа. На субгоризонтальном тренде сергеевских и каменных габброидов с REE-спектрами IAB-типа располагается также точка диоритов сергеевского комплекса Окраинско-Сергеевского террейна. Для сравнения на диаграмму вынесены точки надсубдукционных офиолитов Южного Тибета [18], в том числе базальтов и диабазов, положение которых примерно совпадает с положением точек сергеевских и каменных офиолитов.



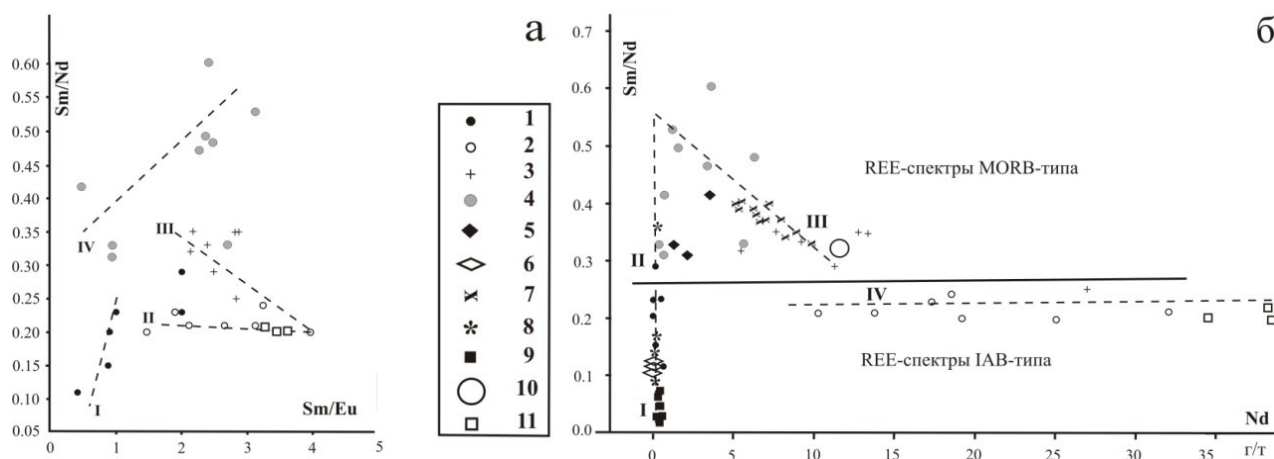


Рис. 4. Положение точек габброидов и офиолитов на диаграммах “Sm/Nd-Sm/Eu (а)” и “Sm/Nd- Nd (б)”:

1 – габброиды Владимир-Александровского массива; 2, 3 – каменские и сергеевские габброиды (2) и офиолиты (3); 4 – бреевские габброиды; 5 – ультраосновные породы окрестностей с. Дальний Кут; 6 – серпентиниты бухты Мелководной; 7–9 – супрасубдукционные офиолиты Южного Тибета [12]: базальты и диабазы (7), основные и ультраосновные кумуляты (8) и т. н. мантийные перидотиты (9); 10 – MORB по А.В. Хофманн [19]; 11 – граносиениты Мокрушинской площади. Пунктирные линии и римские числа на рисунках – тренды магматических пород и их номера (см. текст)

Для оценки источников вещества габброидов и метаморфизованных офиолитов были использованы диаграммы на основе отношений несовместимых элементов – Nb, Zr, Th и Y, которые являются относительно нечувствительными к процессам изменения пород и фракционной кристаллизации [20]. Большинство точек сергеевских и каменских офиолитов с REE-спектрами MORB-типа на диаграмме “Nb/Y-Zr/Y” (рис. 5) размещены вблизи точки верхней деплетированной мантии (в поле N-MORB), что хорошо согласуется с их природой. На диаграмме, кроме того, четко проявлен тренд (I), в пределах которого геохимические характеристики изменяются от характеристик примитивной мантии до характеристик магматических пород островной дуги. На нем располагаются все точки сергеевских габброидов и владими́ро-александровских ультрабазитов с REE-спектрами IAB-типа, а также точка диоритов Окраинско-Сергеевского террейна. Две точки каменских габброидов с REE-спектрами IAB-типа из-за высокого Zr/Y-отношения расположены примерно на продолжении этого тренда за пределами рисунка. Расположение точек ультрабазитов окрестностей с. Бреевка и Дальний Кут на диаграмме на трендах II и III в сочетании с изотопным составом Pb (см. ниже) указывают на то, что для них одним из источников магматического вещества являлась примитивная мантия, а не DEP, как можно было бы предположить для бреевских габброидов. Ультрабазиты окрестностей с. Бреевка и Дальний Кут обладают низкими значениями Zr/Y и Nb/Y, вследствие чего большинство их точек располагается на диаграмме за пределами полей магматических пород. Такими же и более низкими значениями Zr/Y и Nb/Y обладают некоторые осадочные породы, например пелагические карбонатно-кремнистые отложения мелового возраста на п-ове Камчатский Мыс [21] (см. рис. 5).

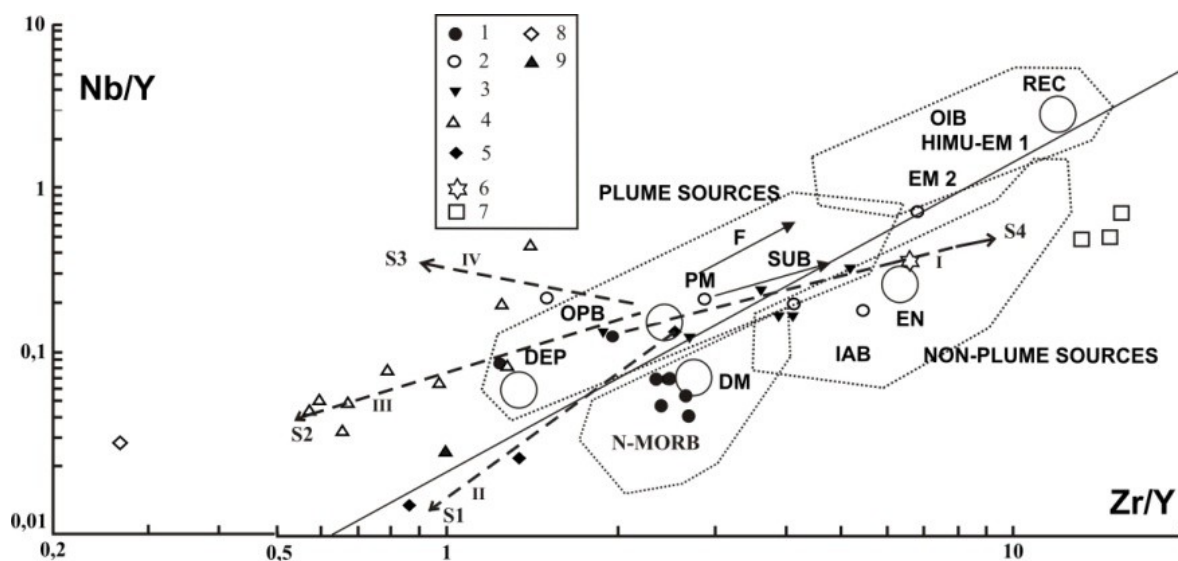


Рис. 5. Положение точек габброидов и офиолитов на диаграмме “Zr/Y-Nb/Y” [20]: Магматические породы (1–6): сергеевские и каменские офиолиты (1), сергеевские габброиды (2), габброиды владими́ро-александровские (3), бреевские (4), Дальнего Кута (5), диориты бухты Мелководной (6), граносиениты Мокрушинской площади (7). Меловые пелагические отложения п-ва Камчатский Мыс по средним содержаниям [21] (8, 9): известняки и кремнистые известняки (8), яшмы и известковистые яшмы (9). Пунктирными линиями со стрелками показаны тренды состава пород и одновременно векторы изменения состава выплавов из РМ в результате контаминации осадочным веществом. Римские цифры соответствуют номерам трендов (см. текст). S1-S4 – осадочные породы разной фациальной принадлежности. Поля пород и точки составов по К.С. Конди [20]: OIB – плюмовые внутриплитные базальты океанических островов, OPB – базальты океанических плато, MORB – базальты срединно-океанических хребтов, IAB – островодужные базальты, REC – рециклированная компонента, EN – обогащенная компонента, EM1 и EM2 – обогащенная мантия двух типов, HIMU – обогащенная U+Th/Pb мантия; PM – примитивная мантия, DM – верхняя деплетированная мантия, DEP – нижняя деплетированная мантия

Очевидно, расположение точек габброидов окрестностей с. Бреевка и Дальний Кут на трендах II-IV обусловлено смешением вещества РМ и осадочных пород некоторых фаций, несколько различающихся по химическому составу. На диаграмме “Zr/Nb-Nb/Th” (рис. 6), как и на рис. 5, тоже проявлен “островодужный” тренд сергеевских и владими́ро-александровских габброидов (I), началу которого примерно соответствует точка РМ. Большая часть точек сергеевских и каменских офиолитов приурочена к полю N-MORB с источником DM. Особенности расположения точек бреевских габброидов на этой диаграмме обусловлены не смешением вещества РМ и DEP (как можно было бы предполагать), а, как отмечалось выше, контаминацией выплавов из РМ веществом осадочных пород. Некоторые точки габброидов и офиолитов из-за высокого отношения Nb/Th расположены за пределами диаграммы.

Расположение точек на “островодужном” тренде I (см. рис. 5) не является бесспорным доказательством островодужной природы сергеевских, каменских и владими́ро-александровских габброидов. Аналогичный тренд характерен, например, для сумийских базальтоидов Карельского и Кольского кратонов, образование которых связано с процессами рифтогенеза [23]. Присутствие субдукционной компоненты авторы объясняют формированием базальтоидов из мантии, переработанной в результате предшествующего субдукционного события. С другой стороны, не наблюдается и принципиальных различий в общей картине распределения точек

габброидов Украинско-Сергеевского террейна и базальтов некоторых развитых островных дуг, например, высокоглиноземистых базальтов северо-восточной Японии (рис. 7). Для сравнения на диаграмму вынесены точки тибетских базальтов и диабазов, положение которых свидетельствует о плавлении верхней деплетированной мантии без заметного влияния на состав выплавки обогащенного компонента. Кумуляты и т. н. “мантийные перидотиты” тибетских офиолитов, судя по положению их точек на диаграмме, являются, возможно, производными выплавки из неоднородной по химическому составу рециклированной коры. Островодужной природе габброидов Украинско-Сергеевского террейна не противоречат расположение их точек на диаграмме “V-Ti” для базальтов развитых островных дуг (рис. 8) и характер REE-спектров.

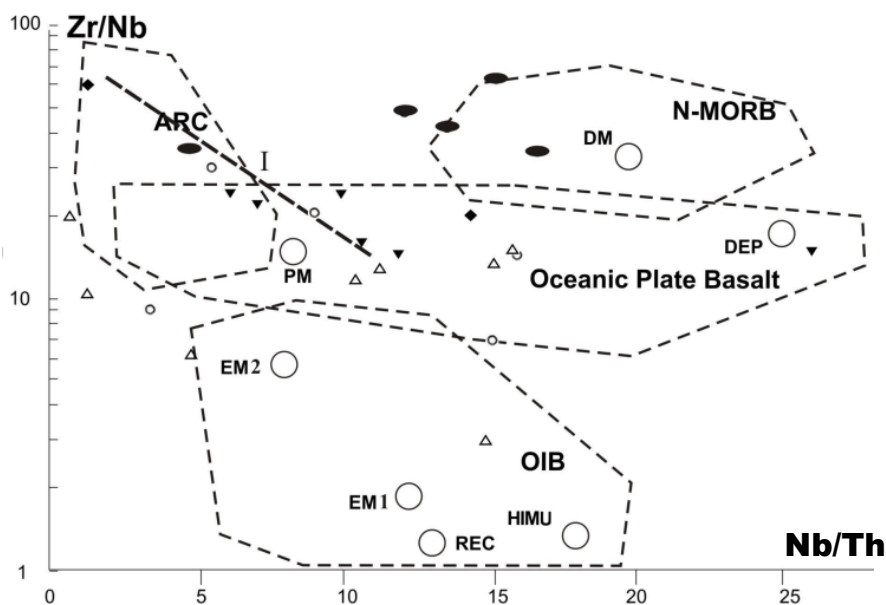


Рис. 6. Положение точек габброидов Сихотэ-Алиня на диаграмме “Zr/Nb -Nb/Th” [22]: I – сергеевские и каменские офиолиты. Остальные условные обозначения см. на рис. 5

На диаграмме “ $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} - \text{Y/Nb}$ ” (рис. 9, а) габброиды и офиолиты образуют единый тренд, в пределах которого  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  изменяется от значений, близких к таковым для PM и DM, до среднего значения (0.12) в коре, что, очевидно, связано с влиянием вещества коровой природы. Положение точек в пределах тренда в целом согласуется с выводами об источниках вещества офиолитов, а также бревесских, сергеевских и владими́ро-александровских габброидов, сделанными выше на основе анализа диаграммы “Nb/Y-Zr/Y”. На диаграмме “ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} - \text{Y/Nb}$ ” (см. рис. 9, б) точки владими́ро-александровских и каменских габброидов располагаются на тренде, начинающемся в точке PM (BSE) и протягивающемся в сторону EM1, а точки сергеевских габброидов занимают близкое к нему положение. С другой стороны, представлению о смешении вещества BSE и EM1 или EM2 в сергеевских, каменских и владими́ро-александровских габброидах противоречит положение точек этих пород на трендах (см. рис. 5, б), протягивающихся в поля базальтов островных дуг, в том числе и в сторону, противоположную EM1 и EM2 (см. рис. 6). “Островодужный” характер трендов I на диаграммах (см. рис. 5, б), скорее всего, обусловлен плавлением осадочных пород океанической коры под воздействием мантийного плюма, по-видимому, в основании островной дуги.

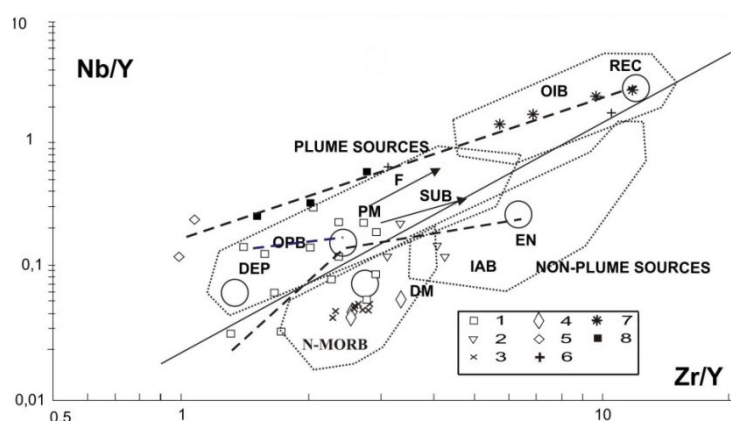


Рис. 7. Положение точек габброидов Сихотэ-Алия (а), высокоглиноземистых базальтов СВ Японии и магматических пород офиолитового комплекса Южного Тибета (б) на диаграмме “Zr/Y-Nb/Y”:

1 и 2 – базальты фронтальной (1) и тыловой (2) зон вулканического пояса СВ Японии [24]; 3–9 – базальты (3), диабазы (4), габбро (5), перидотиты (6), троктолиты (7), гарцбургиты и дуниты (8) офиолитового комплекса Южного Тибета [18]. Остальные условные обозначения см. на рис. 5

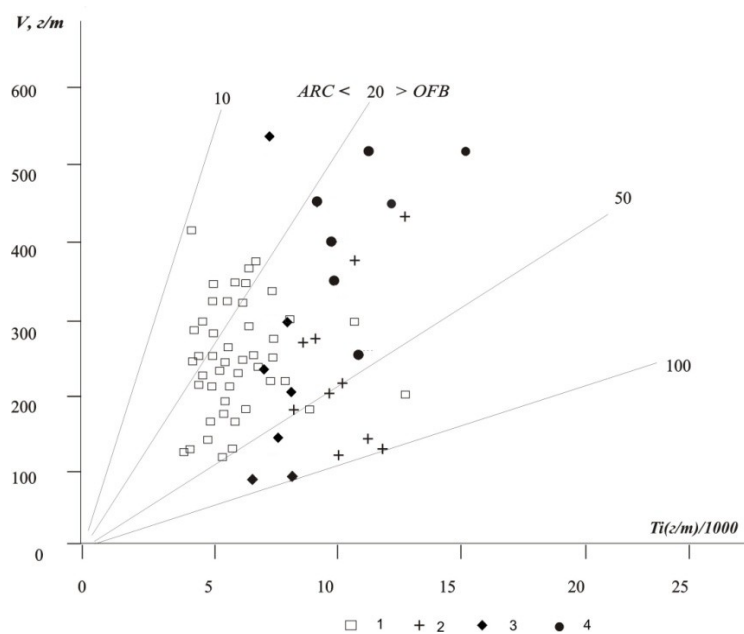


Рис. 8. Положение точек габброидов на диаграмме “V-Ti”:

Высокоглиноземистые вулканы фронтальной и тыловой зон (1) и внутриплитные лавы (2) Камчатской островной дуги. Габброиды и офиолиты Сихотэ-Алия: 3, 4 – сергеевские и каменские габброиды (3) и офиолиты (4). Диаграмма заимствована у Ю.А. Мартынова [24] и дополнена авторами. Поля показаны по И.В. Шервайсу [25]

Предположение о плавлении осадочных пород в основании островной дуги основывается на присутствии в сергеевских габброидах блоков офиолитового комплекса, а также на характере мультиэлементных и REE-спектров и “островодужных” особенностях изотопного состава Pb сергеевских, каменских и владими́ро-александровских габброидов (см. ниже). Точки сергеевских

и каменных офиолитов, большинство из которых с некоторым разбросом группируются на диаграмме (см. рис. 9, б) вблизи точки DM, что соответствует их природе, тем не менее, образуют тренд в область низких значений  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  и Y/Nb. Его наличие, так же как и некоторое смещение точек сергеевских габброидов относительно тренда “BSE-S4”, связано с метаморфическими процессами. Особенности расположения точек “островодужных” сергеевских, каменных и владими́ро-александровских габброидов на этой и других диаграммах (см. рис. 5 и б) в целом определялись контаминацией выплавов из BSE осадочным веществом океанической коры.

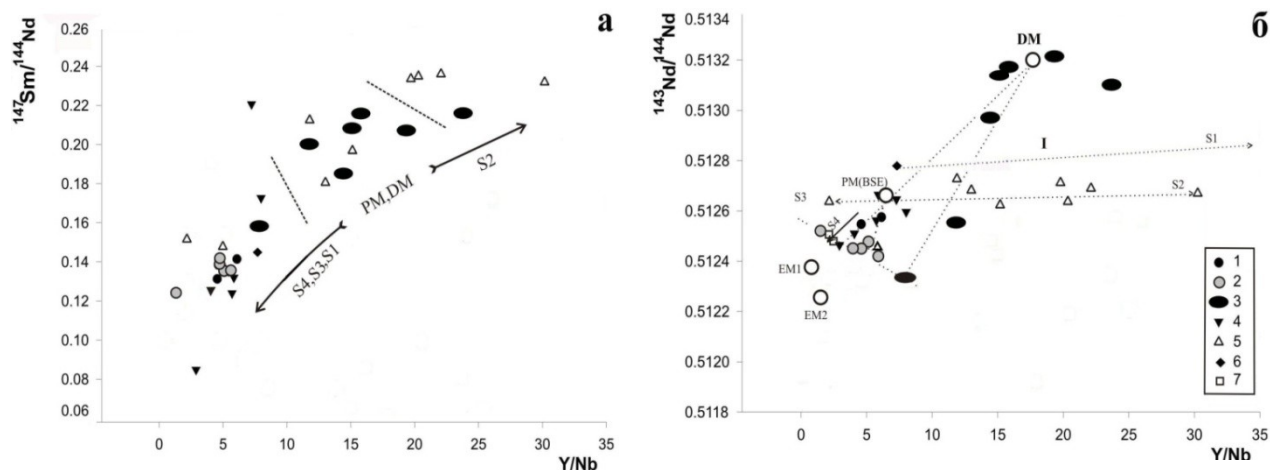


Рис. 9. Положение точек габброидов на диаграммах “ $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}-\text{Y}/\text{Nb}$ ” (а) и “ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}-\text{Y}/\text{Nb}$ ” (б): Магматические породы (1–7): каменные габброиды (1), сергеевские габброиды (2) и офиолиты (3), габброиды владими́ро-александровские (4), бреевские (5) и Дальнего Кута (6), граносиениты Мокрушинской площади (7). Две точки габброидов Дальнего Кута расположены на тренде IV за пределами рис. 8, а, б (в области высоких Y-Nb-отношений).

Положение точек EM1 и EM2 на диаграмме показано приблизительно, так как, судя по литературным данным, им свойственны значительные пределы колебаний значений по меньшей мере  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$

Все точки бреевских габброидов тренда III (см. рис. 5) на рис. 9, б располагаются на тренде, тоже начинающемся в точке BSE и протягивающемся в область высоких Y-Nb-отношений при почти постоянном значении  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ . Из диаграмм (см. рис. 9, а, б) видно, что контаминация магмы осадочным веществом в случае бреевских габброидов почти не влияла на величину  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ , но приводила к значительному возрастанию или уменьшению величины  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ .

На диаграмме “ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}-^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ” (рис. 10, а) точки владими́ро-александровских и часть точек сергеевских габброидов располагаются на тренде, начинающемся в точке PM (BSE) и протягивающемся в сторону поля, предположительно, осадочных пород океанической коры S4, положение которого на диаграмме, очевидно близко к положению EM1. Смещение остальных точек сергеевских габброидов в сторону более высоких значений  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , как и точек офиолитов, относительно DM обусловлено метаморфизмом пород сергеевского комплекса. Положение точек бреевских габброидов на рис. 10, так же как их положение на диаграмме (см. рис. 5), указывает на вещество мантийного резервуара BSE с примесью, предположительно, осадочного вещества S2 и S3. Большинство точек сергеевских офиолитов расположено в поле смеси DM+F, однако для некоторых образцов характерны изотопные отношения сергеевских габброидов, приобретенные, по-видимому, вследствие метаморфизма. Сергеевские и бреевские габброиды отличаются высокими значениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (табл. 4), обусловленными примесью вещества корового происхождения (см. рис. 10, б).

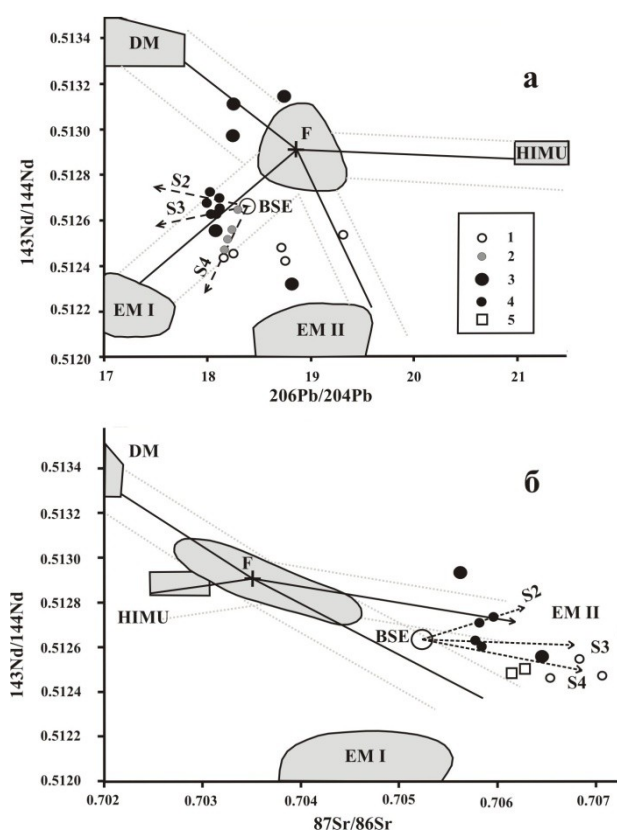


Рис. 10. Положение точек габброидов Сихотэ-Алия на диаграммах  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  и  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ :

1, 2 – сергеевские (1) и владимиро-александровские (2) габброиды; 3 – сергеевские и каменные офиолиты; 4 – бреевские габброиды; 5 – граносиениты Мокрушинской площади. DM, EM1, EM2, HIMU – конечные члены мантийного тетраэдра А. Зиндлера и С. Харта; F – внутритетраэдрный компонент. Большим кружком показано положение точки BSE по Х.Р. Роллинсону [26]

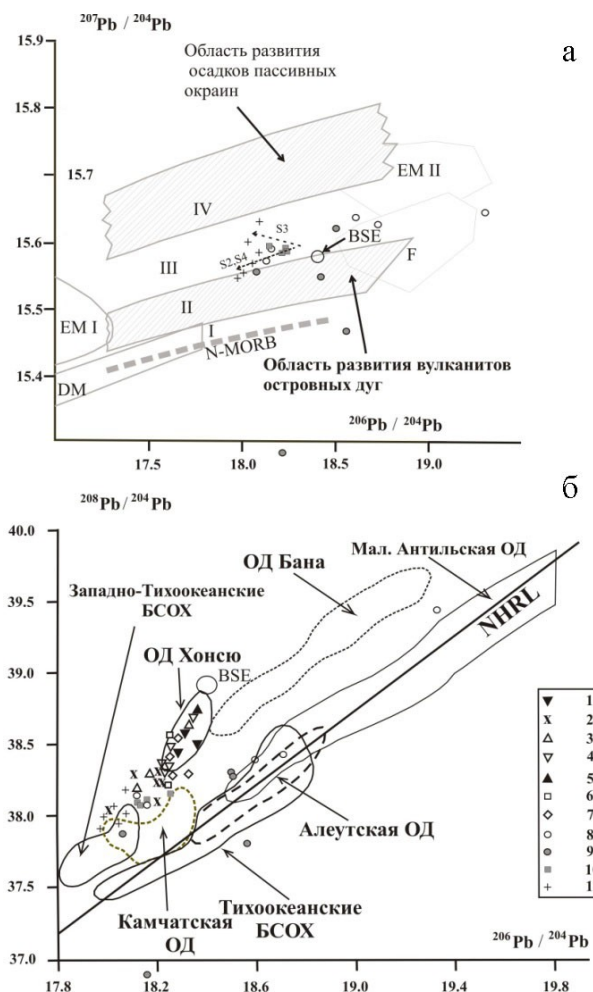
На диаграмме  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (рис. 11, а) показаны области изотопного состава свинца вулканитов островных дуг (II), пассивных континентальных окраин (IV) и тренд изотопного состава свинца деплетированной мантии (I). Границы этих областей и тренд приведены по С.А. Татарникову [27]. Кроме того, на диаграмме по литературным источникам оконтурены поля мантийных резервуаров. Из рис. 10 видно, что резервуар “DM” соответствует

начальной, довольно значительной части поля Pb MORB. Резервуар “EM1” и компонент “F” располагаются в начальной и конечной части поля Pb вулканитов островных дуг соответственно. Точки владимиро-александровских, бреевских и часть точек сергеевских габброидов располагаются на коротких трендах, начинающихся вблизи точки BSE и отвечающих смесям BSE+S4 (владимиро-александровские и сергеевские габброиды), BSE+S2 и BSE+S3 (бреевские габброиды). Остальные точки сергеевских габброидов из-за метаморфизма смещены в область более высоких значений  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ . По этой же причине только в одном из изученных образцов сергеевских офиолитов сохранились изотопные отношения Pb, свойственные базальтам океанической коры, вследствие чего его точка расположена в поле N-MORB.

На диаграмме (см. рис. 11, б) точки Pb габброидов и Pb островной дуги Хонсю приурочены к протяженному тренду, начинающемуся в точке BSE. Исключение составляют точки офиолитов, а также несколько точек сергеевских габброидов, в которых, как уже отмечалось выше, из-за метаморфизма существенно возросли значения  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (см. рис. 10, а и 11, а). Расположение на этом же тренде точек Pb галенита скарновых и жильных (не вынесены из-за перегруженности диаграммы) месторождений Сихотэ-Алия связано с образованием скарнов и руд за счет продуктов экзогенного разрушения габброидов [28, 29].

В последнее время на Мокрушинской площади нами обнаружены граносиениты со структурой “антирапакиви”, очевидно, метаморфической природы, которые по геохимическим особенностям и изотопным характеристикам (см. рис. 4 а, б, 5, 9 б, 10 б) отвечают сергеевским габброидам. Это обстоятельство свидетельствует в пользу присутствия фрагментов Окраинско-Сергеевского террейна в Таухинском террейне и принадлежности габброидов и, по крайней мере, части средних и кислых магматических пород Окраинско-Сергеевского террейна к единому островодужному (?) комплексу. Ранее наличие фрагментов Окраинско-Сергеевского террейна в Таухинском террейне предполагалось нами только на основании присутствия метаморфизованных продуктов экзогенного разрушения базитов и ультрабазитов – скарнов, яшм

и контактово-метаморфизованных металло-носных осадков (марганцевосиликатных пород, силикатно-магнетитовых руд, кремней с дисперсным родохрозитом), а также родингитов.



а Рис. 11. Особенности изменения изотопных отношений Pb габброидов Сихотэ-Алиня (а, б) и руд скарновых (б) месторождений Сихотэ-Алиня:

1–7 – свинец скарновых месторождений: Верхнего (1); Николаевского (2); Первого Советского (3); Партизанского (4); Восточный Партизан (5); Второго Советского (6); Садового (7). Магматические породы (8–11): сергеевские габброиды (8) и офиолиты (9), владими́ро-александровские (10) и бреевские (11) габброиды. Изотопные данные для Pb галенита руд скарновых месторождений заимствованы из сводки Ф.И. Ростовского [30]. Поля на диаграммах показаны по С.А. Татарникову [15] (а), а также Т.Г. Чуриковой с соавторами и Р.Р. Альмееву [31] (б). DM, EM I, EM 2 и BSE по Х.Р. Роллинсону [26]

### Заключение

Габброиды сергеевского и калиновского комплексов, а также породы Владимиро-Александровского массива имеют общий мантийный источник магматического материала – примитивную мантию (BSE) – и образовались в результате взаимодействия плюма с осадочными породами океанической коры, предположительно, судя по геохимическим

особенностям и изотопному составу свинца, в основании островной дуги (габброиды и гранито-гнейсы Окраинско-Сергеевского террейна и его фрагментов и ультрабазиты Владимиро-Александровского массива) или океанических плато (габброиды калиновского комплекса). Они различаются между собой химическим составом присутствующей в них осадочной компоненты и, вероятно, возрастом. По меньшей мере с девона упомянутые структуры в виде двух цепочек островов располагались вблизи окраины Ханкайского массива.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ханчук А.И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России. Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000. 276 с. 2. Сеница С.М. О происхождении гнейсовой фации сергеевских габброидов (Южное Приморье) // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23, № 3. С. 32–36. 3. Коваленко С.В., Давыдов И.А. Сергеевский выступ – древняя структура Южного Сихотэ-Алиня // ДАН СССР. 1991. Т. 319, № 5. С. 1173–1177. 4. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. С. 1–572. 5. Октябрьский Р.А. Петрология палеозойских интрузивных базитов Южного Приморья: дис. ... к.г.-м.н. Владивосток, 1971, 256 с. 6. Ханчук А.И. Геологические строение и развитие континентального обрамления северо-запада Тихого океана: автореф. дис. ... д.г.-м.н. М., 1993. 31 с. 7. Новые минералогические-петрографические находки в зоне центрального структурного шва (Сихотэ-Алинь) / С.А. Щека и др. // Вопросы магматизма, метаморфизма и оруденения Дальнего Востока. Владивосток, 1973. С. 258–260. 8. Ханчук А.И., Панченко И.В. Гранатовое габбро в офиолитах Южного Сихотэ-Алиня // ДАН СССР. 1991. Т. 321, № 4. С. 800–803. 9. U-Pb, Hf изотопные и REE систематики цирконов из сергеевского комплекса Сихотэ-Алиня: генезис кристаллов минерала-геохронометра и возраст этапов становления пород / А.А. Аленичева и др. // Материалы IV Российской конференции по изотопной геохронологии

“Изотопные системы и время геологических процессов”. СПб., 2009. Т. 1. С. 26–28. **10.** Голозубов В.В., Мельников Н.Г. Тектоника геосинклинальных комплексов Южного Сихотэ-Алия. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 128 с. **11.** Саватенков В.М., Морозова И.М., Левский Л.К. Поведение изотопных систем (Sm–Nd; Rb–Sr; K–Ar; U–Pb) при щелочном метасоматозе (фениты зоны экзоконтакта щелочно-ультраосновной интрузии) // Геохимия. 2004. № 10. С. 1027–1049. **12.** Мельников Н.Н. Погрешности метода двойного изотопного разбавления при изотопном анализе обыкновенного свинца // Геохимия. 2005. № 12. С. 1333–1339. **13.** Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / ed. by A.D. Saunders and M.J. Norry // Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication, London, 1989. V. 42. P. 313–345. **14.** McCulloch M.T., Gamble J.A. Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism // Earth Planet. Sci. Lett. 1991. Vol. 102. P. 358–374. **15.** Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle / W.F. McDonough, S. Sun, A.E. Ringwood, E. Jagoutz, A.W.K. Hofmann // Geochim. Cosmochim. Acta, Ross Taylor Symposium Volum. 1991. **16.** Elemental and Sr isotope variations in basic from Iceland and surrounding ocean floor / D.A. Wood, J.L. Joron, M. Treuil, M. Norry, J. Tarney // Contrib. Mineral. Petrol. 1979. Vol. 70. P. 319–339. **17.** Palme H., O'Neill H.St.C. The Mantle and Core // Treatise Geochem. 2003. Vol. 2. P. 1–38. **18.** Geochemistry and tectonic environment of the Dagzhuka ophiolite in the Yarlung-Zangbo suture zone, Tibet / B. Xia, H.X. Yu, G.W. Chen, L. Qi, T.P. Zao, M.F. Zhou // Geochemical Journal, 2003, V. 37, P. 311–324. **19.** Hofmann A.W. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust // Earth Plan. Sci. Lett. 1988. Vol. 90. P. 297–314. **20.** Condie K.C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. 2005. Vol. 79. P. 491–504. **21.** Савельева О.Л. Ритмичность осадконакопления и следы аноксических событий в меловых (альб-сеноманских) отложениях Восточной Камчатки: автореф. дис. ... к.г.-м.н. М., 2009. 25 с. **22.** Pearce Ju.A. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust // Lithos. 2008. Vol. 100. P. 14–48. **23.** Богина М.М., Злобин В.Л. Корреляция сумийского базальтового вулканизма Карельского и Кольского кратонов: петрогеохимия, возраст и геодинамическая обстановка формирования // Магматизм и метаморфизм в истории Земли: тез. докл. XI Всероссийского петрографического совещания. Екатеринбург, 2010. Т. 1. С. 82–83. **24.** Мартынов Ю.А. Геохимия базальтов активных континентальных окраин и зрелых островных дуг (на примере Северо-Западной Пацифики). Владивосток: Дальнаука, 1999. 218 с. **25.** Shervais I. W. Ti-V plots and petrogenesis of modern and ophiolitic lavas // Earth. Planet. Sci. Lett. 1982. Vol. 59, № 1. P. 101–118. **26.** Rollinson H.R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Essex: Longman Group UK Ltd., 1993. 352 p. **27.** Татарников С.А. Изотопный состав Pb вкрапленников кпш разновозрастных гранитов Восточного Забайкалья // Современные проблемы геохимии: материалы научной конференции, посвященной 50-летию Института геохимии им. А.П. Виноградова и 50-летию Сибирского отделения Российской академии наук (2–6 апреля 2007 г.). Иркутск, 2007. С. 60–61. **28.** Роль офиолитов в металлогении Сихотэ-Алия / В.Т. Казаченко и др. // ДАН. 2012. Т. 444, № 4. С. 412–416. **29.** Роль осадочных палеобассейнов в металлогении крупных геологических структур (на примере Сихотэ-Алия) / В.Т. Казаченко и др. // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: материалы IV Всероссийского литологического совещания. Новосибирск, 2013. Т. 1. С. 407–411. **30.** Ростовский Ф.И. Об изотопных отношениях свинца в галенитах рудных месторождений Востока Азии // Тихоокеанская геология. 2005. Т. 24, № 2. С. 33–45. **31.** Альмеев Р.Р. Геохимия магматизма вулкана Безымянный: признаки мантийного источника и условия фракционирования исходной магмы: автореф. дис. ... к.г.-м.н. М., 2005. 26 с.

### Сведения об авторах

Казаченко Валентин Тимофеевич – д.г.-м.н., заведующий лабораторией Дальневосточного геологического института ДВО РАН; e-mail: vkazachenko@mail.ru

Лаврик Сергей Николаевич – к.г.-м.н., старший научный сотрудник Дальневосточного геологического института ДВО РАН; e-mail: s\_lavric@mail.ru

Перевозникова Елена Валерьевна – к.г.-м.н., старший научный сотрудник Дальневосточного геологического института ДВО РАН; e-mail: elenavalper@yandex.ru,

Скосарева Наталья Валерьевна – старший инженер Дальневосточного геологического института ДВО РАН; e-mail: absenta2004@mail.ru



624.039:551.34:51.37

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ (НА БАЗЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)**

**Н.Н. Мельников, П.В. Амосов, Н.В. Новожилова, С.Г. Климин**  
ФБГУН Горный институт КНЦ РАН

### **Аннотация**

Представлены результаты прогноза пространственного распределения температурных полей вокруг модулей подземной атомной станции малой мощности, размещенной в многолетнемерзлых породах. Рассмотрены два варианта встроенных систем замораживания, при определенных параметрах которых прогнозируется возвращение на практически естественное состояние вмещающего массива.

### **Ключевые слова:**

*встроенные системы замораживания, подземная атомная станция малой мощности, естественное состояние массива, численный метод.*

### **Введение**

В 2014 г. специалисты Горного института КНЦ РАН завершили исследования по обоснованию потенциального использования атомной станции малой мощности (АСММ) модульного типа для энергоснабжения горнопромышленных предприятий в труднодоступных районах Восточной Сибири (научные руководители: академик РАН Н.Н. Мельников и проф., д.т.н. В.П. Конухин).

При исследовании тепловой безопасности объекта методами численного моделирования анализировались прогнозные пространственные распределения температуры вокруг подземных модулей АСММ в многолетнемерзлых породах Чукотки [1–5]. В частности, показано [1], что даже в простейшей компоновке (реакторный зал и два модуля с реакторными установками типа КЛТ-40С) в режиме нормальной эксплуатации при определенных значениях теплофизических параметров обделки модулей и температуры во вмещающем массиве будут создаваться крупные зоны оттаивания. Пространственное распределение температурных полей в массиве (см. рис. 1) прекрасно иллюстрирует образование вокруг модулей станции крупных областей, где прогнозируется температура выше температуры фазового перехода «лед – вода». А значит, в силу снижения геомеханической устойчивости массива и стабильности многолетнемерзлых пород будут появляться обоснованные сомнения и вопросы по обеспечению безопасной эксплуатации АСММ.

Подробное описание используемого методического подхода для решения тепловой задачи с учетом фазового перехода «лед-вода», а также обоснование теплофизических параметров модели, начальных и граничных условий можно найти в [1–5].

### **Параметры модели**

В данной работе авторы на базе численного моделирования в двухмерной постановке предлагают использовать для решения указанной проблемы традиционный способ искусственного замораживания массива посредством встроенных в обделку модулей станции труб охлаждения. В этих трубах необходимо поддерживать температуру хладоносителя ниже температуры фазового перехода «лед – вода». Причем как значение температуры хладоносителя, так и параметры встроенных систем (радиус труб, их количество на единицу длины) должны быть обоснованы под соответствующие условия.

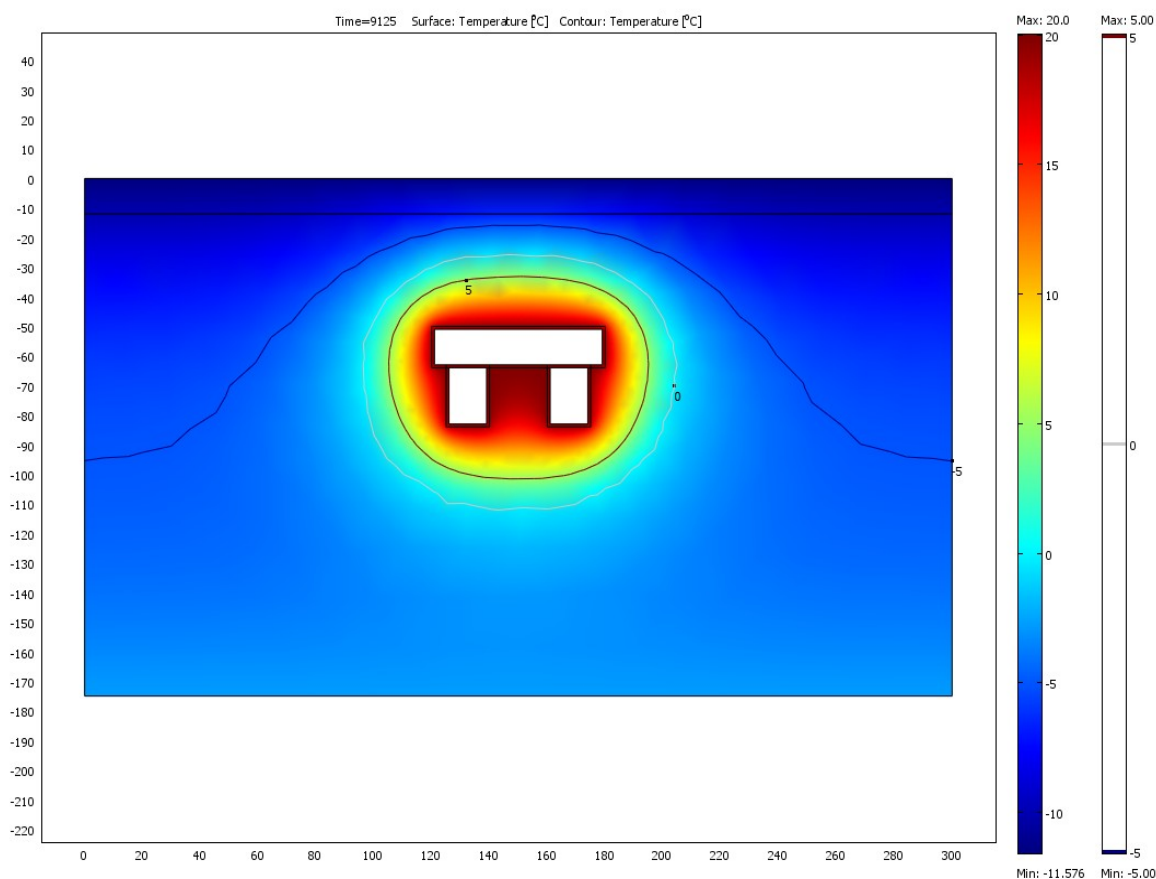
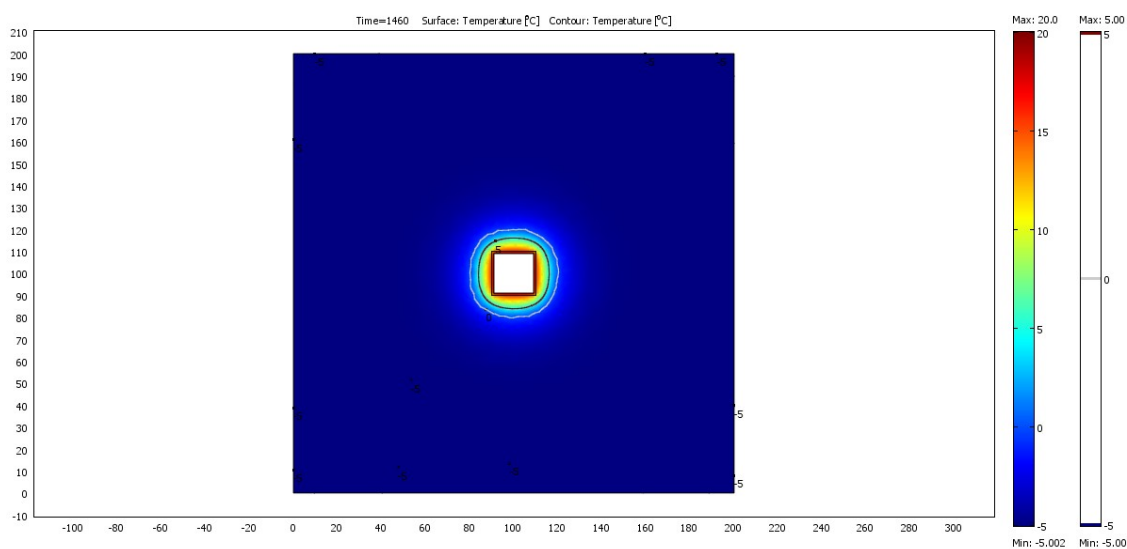


Рис. 1. Пространственное распределение температуры и ее изолиний во вмещающем массиве без применения искусственного замораживания

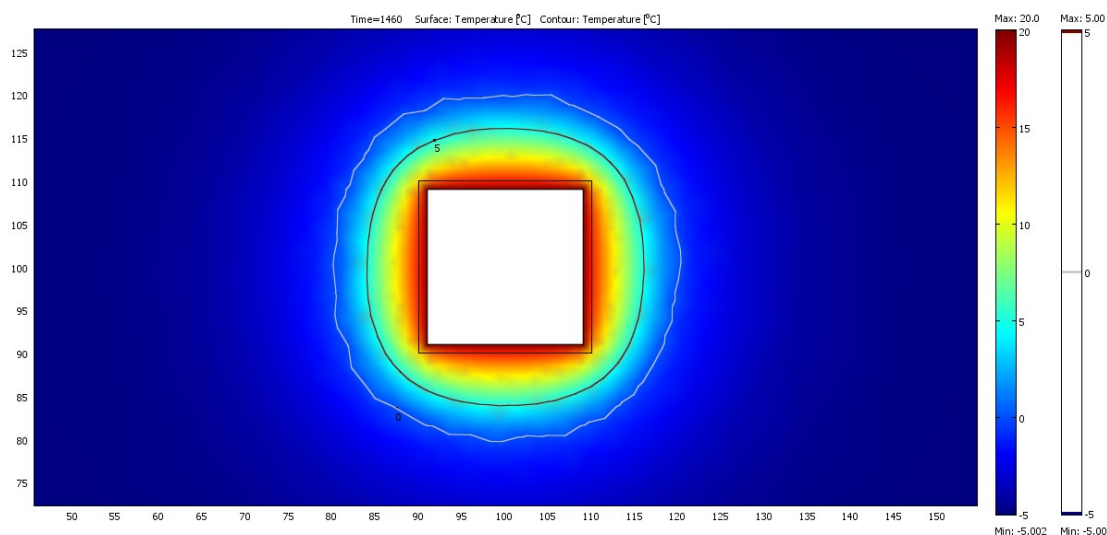
Без описания технологии инженерного осуществления процесса замораживания (см. [6]) ниже представлены некоторые результаты численных экспериментов по обеспечению прочности и стабильности вмещающего массива многолетнемерзлых пород и высказаны соображения по значениям параметров систем замораживания.

В центре области  $200 \cdot 200$  м со свойствами многолетнемерзлых пород (начальная температура  $-5$  °С) размещен объект с внешними размерами  $20 \cdot 20$  м (толщина обделки составляет 1 м). На внутренней стенке объекта поддерживается температура  $20$  °С. Через 4 года модельного процесса, имитирующего нормальную эксплуатацию станции, пространственное распределение температуры и ее изолиний в исследуемой области будет таким, как на рис. 2. Видно, что максимальная глубина оттаивания составит около 10 м.

Для того чтобы уменьшить глубину оттаивания в верхней стенке объекта (вдоль оси X в координатах от 90 до 110 м, координата по оси Y 109.5 м) симметрично разместим 5 или 9 труб охлаждения (радиус 0.05 м) с хладоносителем. Температура хладоносителя в процессе моделирования поддерживается постоянной, но проварьирована по следующим значениям:  $-3$ ,  $-13$  и  $-23$  °С.



а



б

Рис. 2. Пространственное распределение температуры и ее изолиний через 4 года модельного времени: а – вся область; б – фрагмент области

### Анализ результатов численных экспериментов

Результаты моделирования пространственного распределения температуры и ее изолиний для обозначенных условий по температуре хладоносителя и количеству труб охлаждения представлены на рис. 3–5, а в табл. 1 приведены значения температуры на 4 года процесса моделирования для вариантов с 5 и 9 трубами в точках контроля с координатами (100, 111 м), расположенных на расстоянии 1 м от рассматриваемой стенки.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что эффект использования встроенных систем замораживания срабатывает. Именно со стороны стенки модуля со встроенными трубами охлаждения проявляется уменьшение (в различной степени) размера области оттаивания. Наблюдаем следующую тенденцию снижения максимального размера вдоль оси Y области оттаивания для 5 или 9 труб охлаждения при температуре хладоносителя -3, -13 и -23 °С соответственно: ~8 и ~7 м, ~7 и ~5 м, ~5 и ~1 м. Таким образом, при наличии 9 труб охлаждения радиусом 0.05 м и температуре -23 °С

практически достигается желаемый результат – массив находится в состоянии, близком к естественному, т.е. обеспечивается стабильность и долговечность пород, а значит, и тепловая безопасность эксплуатации подземной АСММ.

Таблица 1

Значения температуры в точке контроля на 4 года процесса моделирования (радиус труб охлаждения 0.05 м), °С

Количество труб	Температура хладоносителя, °С		
	-3	-13	-23
5	9.70	7.14	4.57
9	7.18	3.11	-0.45

Результаты табл. 1 также свидетельствуют о «правильном» срабатывании предложенной системы замораживания: и увеличение количества труб, и снижение температуры хладоносителя приводят к желаемому результату – состоянию массива, близкому к природному.

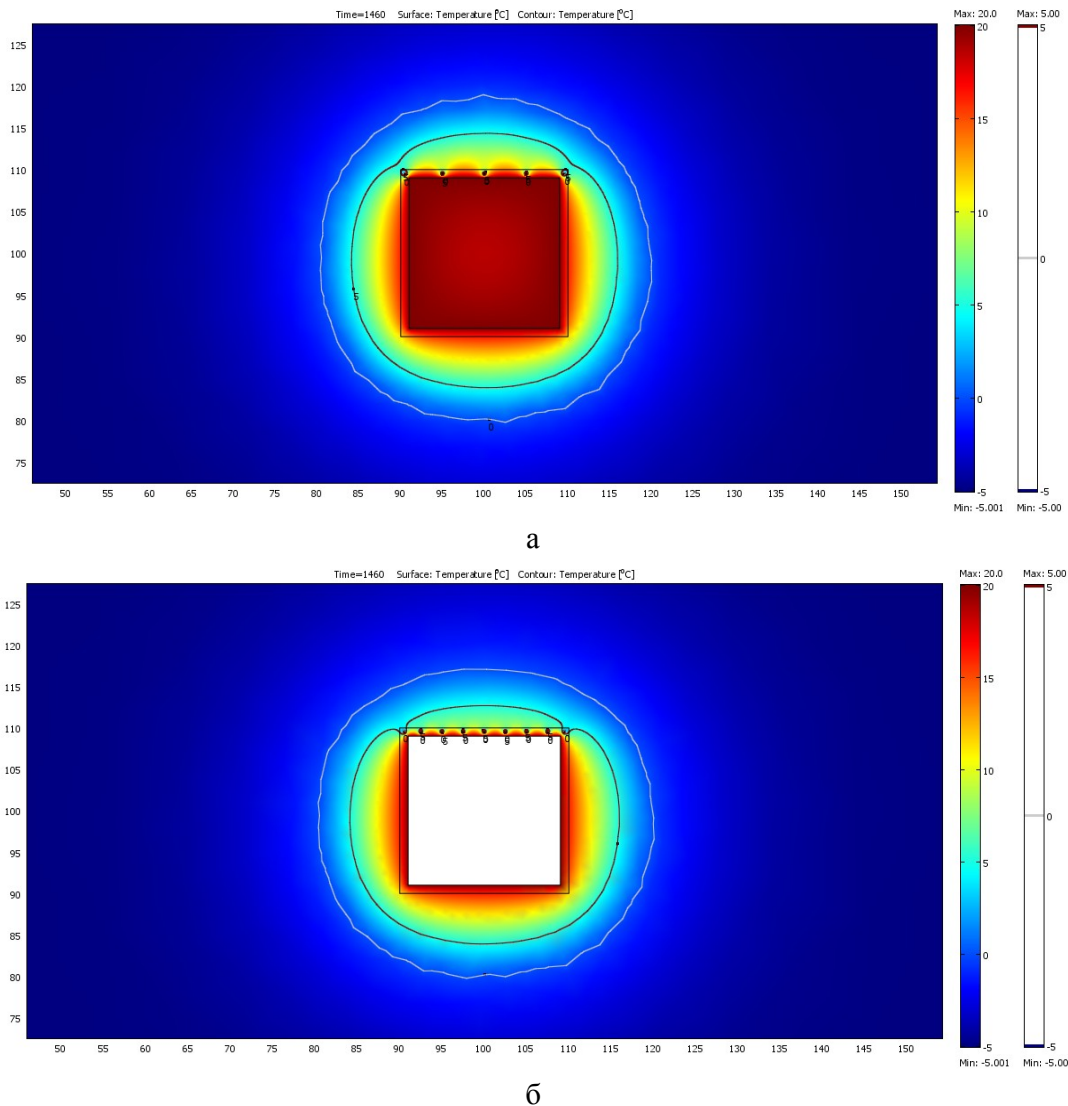


Рис. 3. Пространственное распределение температуры и ее изолиний через 4 года моделирования при температуре хладоносителя -3 °С: а – 5 труб; б – 9 труб

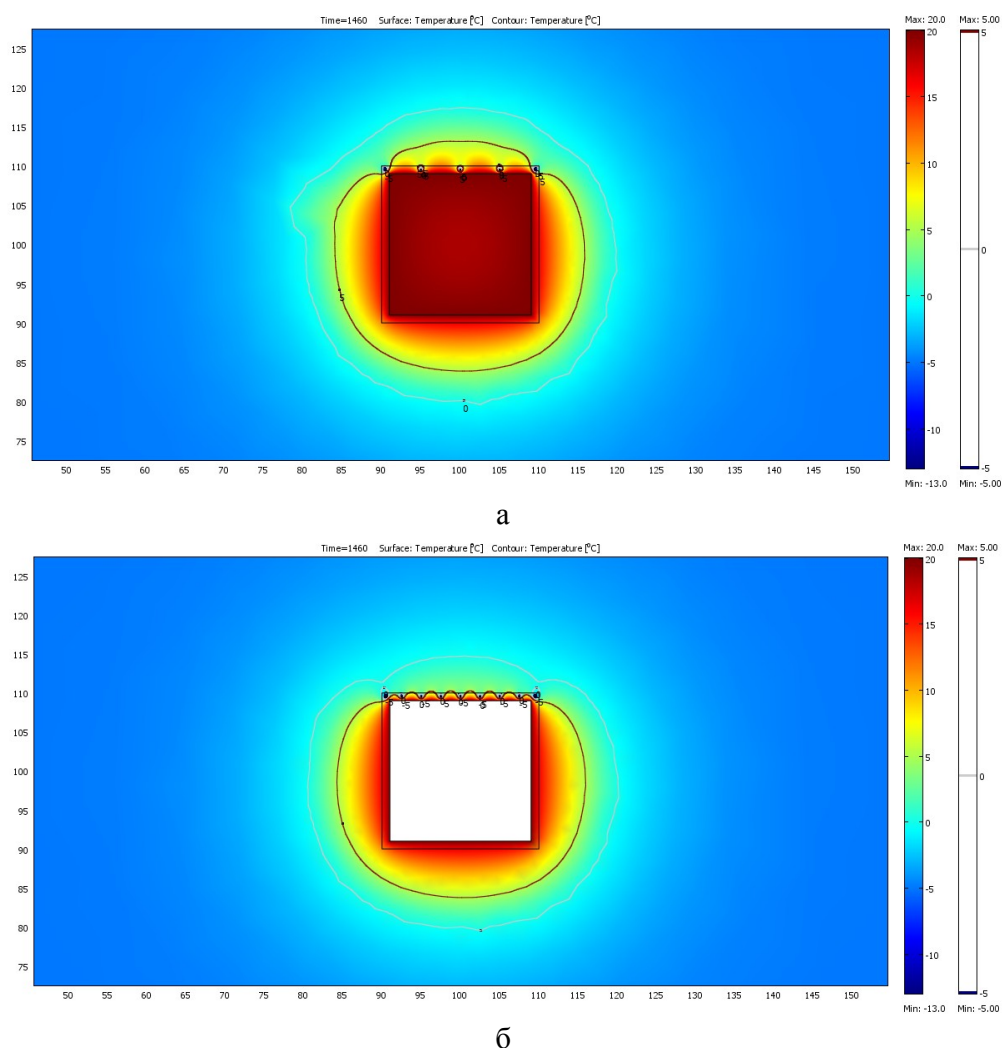


Рис. 4. Пространственное распределение температуры и ее изолиний через 4 года моделирования при температуре хладоносителя  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ : а – 5 труб; б – 9 труб

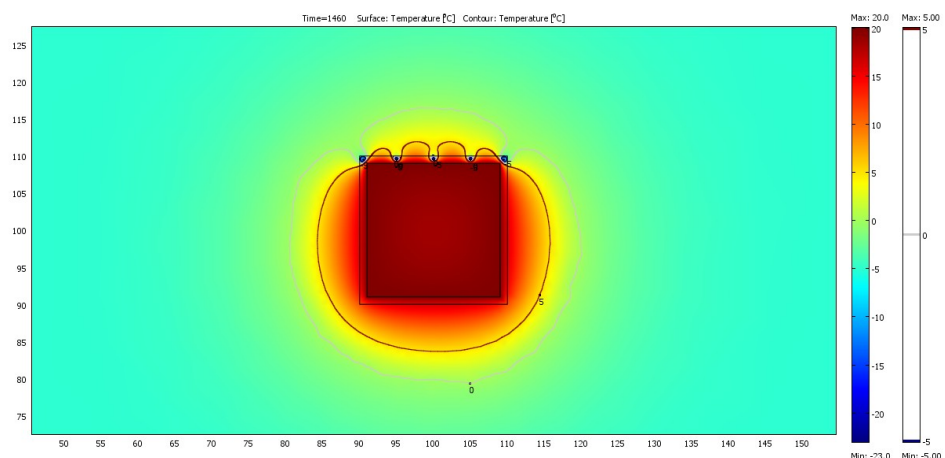
Строго говоря, выбор радиуса труб систем замораживания на уровне 0.05 м на данной стадии был достаточно произвольным. Поэтому предпринята попытка спрогнозировать требования по температуре хладоносителя, обеспечивающие тепловую безопасность объекта, когда радиус труб охлаждения равен 0.02 м. Как и следовало ожидать из физики процесса, при меньшем геометрическом размере труб для обеспечения сохранности мерзлого состояния массива, прилегающего к стенке, требуется понизить температуру хладоносителя. В табл. 2 приведены значения температуры в точке контроля (координаты 100, 111 м), расположенной на расстоянии 1 м от рассматриваемой стенки, на 4 года процесса моделирования для вариантов с 5 и 9 трубами.

Таблица 2

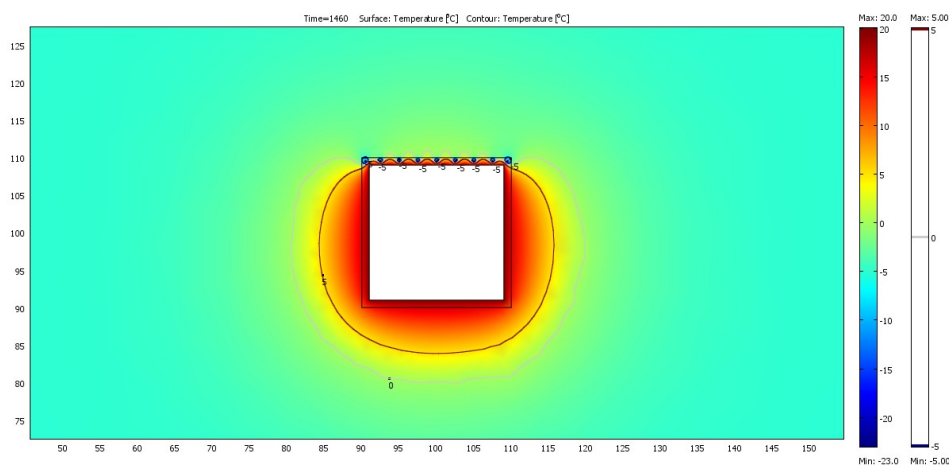
Значения температуры в точке контроля на 4 года процесса моделирования (радиус труб охлаждения 0.02 м),  $^{\circ}\text{C}$

Количество труб	Температура хладоносителя, $^{\circ}\text{C}$				
	-3	-13	-23	-33	-43
5	10.7	8.60	6.62	4.63	2.68
9	8.69	5.45	2.34	-0.39	-3.09

Результаты табл. 2 также подтверждают вывод, сделанный для труб радиусом 0.05 м: для достижения природного состояния массива необходимо или увеличивать количество труб охлаждения, или снижать температуру хладоносителя.



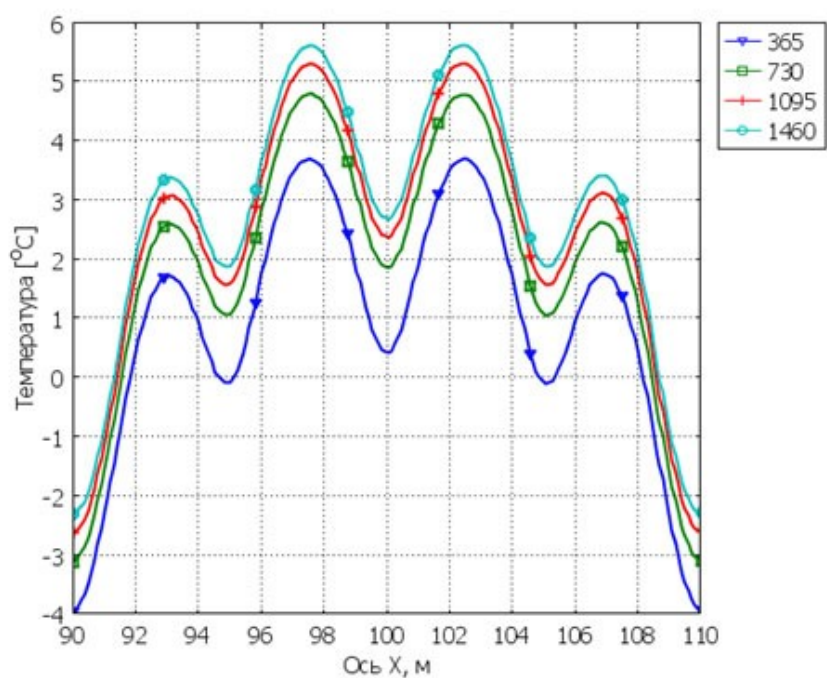
а



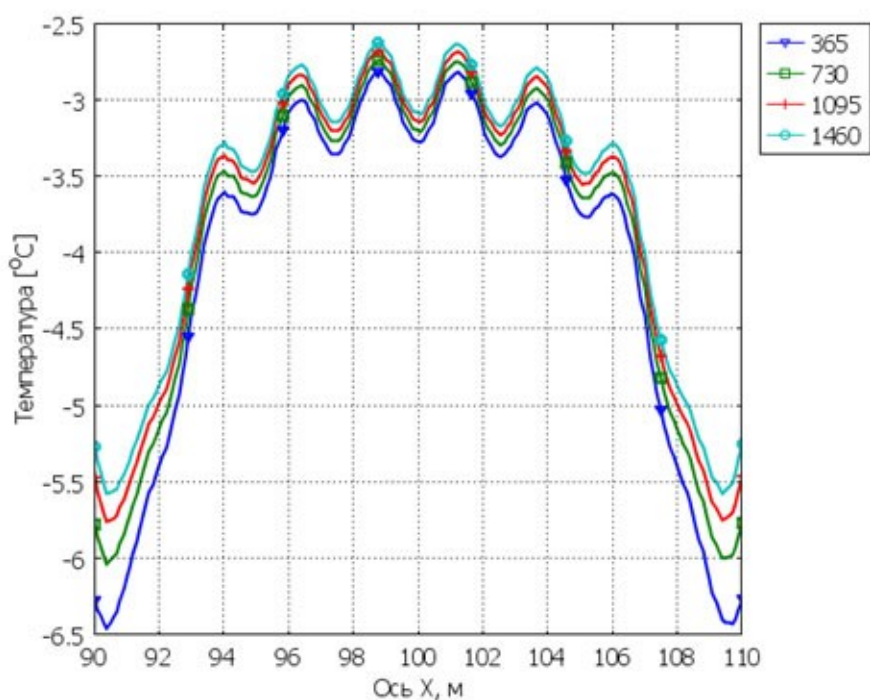
б

Рис. 5. Пространственное распределение температуры и ее изолиний через 4 года моделирования при температуре хладоносителя  $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ : а – 5 труб; б – 9 труб

В качестве дополнительной информации на рис. 6 представлена динамика распределения температуры в массиве вдоль верхней стенки на расстоянии 1 м от нее при температуре хладоносителя  $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Рис. 6, а соответствует варианту с 5 трубами, а рис. 6, б – с 9 трубами. Рис. 6, а убедительно свидетельствует, что даже при температуре хладоносителя  $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$  наличия 5 труб охлаждения явно недостаточно для поддержания мерзлого состояния граничащего со стенкой объекта массива. Требуется увеличить количество труб до 9, чтобы гарантированно обеспечить температуры массива ниже температуры фазового перехода «лед – вода» и выполнить поставленную задачу по обеспечению прочности и стабильности массива. Анализ поведения кривых на рис. 6 показывает, что имеется значительное различие в скорости разогрева массива (особенно в первые два года процесса моделирования) для варианта с 5 трубами (на уровне  $0.5\div 1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) и для варианта с 9 трубами (десять доли градуса Цельсия в год).



а



б

Рис. 6. Динамика распределения температуры вдоль верхней стенки модуля (на расстоянии 1 м) при температуре хладоносителя  $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$  и радиусе труб  $0.02\text{ м}$ :  
а – 5 труб; б – 9 труб. Цифры в легенде – сутки

## Выводы

Таким образом, в двухмерной постановке методами численного моделирования продемонстрированы принципиальные схемы искусственного замораживания вмещающего массива посредством применения встроенной в обделку модуля системы труб охлаждения. Показано, что при заданных параметрах массива и модуля (размеры, теплофизические характеристики) построенные численные модели позволяют определить количество и размеры труб охлаждения, а также температуру хладоносителя, практически обеспечивающие природные показатели вмещающего массива по температурным распределениям, а значит, по его прочности и стабильности.

В принципе, уже на этой стадии исследований просматриваются контуры моделей в трехмерной постановке, в которых можно учесть движение хладоносителя по трубам и тем самым приблизить используемую модель к реальности, т. е. сделать ее более адекватной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка теплового воздействия подземной атомной станции малой мощности на многолетнемерзлые горные породы / Н.Н. Мельников и др. // Арктика: экология и экономика. 2014. № 1(13). С. 30–37.
2. Амосов П.В. Проверка кода для численного моделирования тепловых процессов в пористой среде с учетом фазового перехода «лед – вода» // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16, № 4. С. 641–643.
3. Амосов П.В., Новожилова Н.В. Аналитическая оценка теплового воздействия заглубленной атомной станции малой мощности на многолетнемерзлые горные породы // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16, № 4. С. 638–640.
4. Новожилова Н.В., Амосов П.В. Исследование теплового состояния многолетнемерзлых горных пород на базе кода PORFLOW // Наука и образование. 2014: матер. Междунар. науч.-техн. конф. (Мурманск, 24–28 марта 2014 г., Мурман. гос. техн. ун-т). Мурманск: МГТУ, 2014. С. 864–867.
5. Амосов П.В., Новожилова Н.В. Влияние пористости многолетнемерзлых горных пород на глубину оттаивания // Вестник Кольского научного центра РАН. 2014. № 2 (17). С. 58–64.
6. Способ искусственного замораживания грунтов // Все лекции: учеб-образоват. портал. URL: <http://vse-lekcii.ru/mosty-i-tonneli/stroitelstvo-tonnelej-i-metropolitenov/sposob-iskusstvennogo-zamorazhivaniya-gruntov> (дата обращения 22.01.2015).

## Сведения об авторах

*Мельников Николай Николаевич* – д.т.н., академик, профессор, научный руководитель Горного института КНЦ РАН; e-mail: root@goi.kolasc.net.ru

*Амосов Павел Васильевич* – к.т.н., с.н.с., старший научный сотрудник Горного института КНЦ РАН; e-mail: vosoma@goi.kolasc.net.ru

*Новожилова Наталья Викторовна* – научный сотрудник Горного института КНЦ РАН; e-mail: nat1966kis@mail.ru

*Климин Сергей Гарольдович* – ведущий технолог Горного института КНЦ РАН; e-mail: klimin@goi.kolasc.net.ru



УДК 622.271.332:550.837.76(470.21)

## ГЕОРАДАРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОГО СТРОЕНИЯ РАБОЧЕГО УСТУПА КАРЬЕРА В ЦЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПРОВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ\*

А. И. Калашник, А. Ю. Дьяков  
Горный институт КНЦ РАН

### Аннотация

Статья посвящена исследованию геолого-структурного строения законтурного массива пород участков глубоких рабочих уступов карьера «Железный» АО «Ковдорский ГОК». Приведены результаты георадарных исследований до проведения работ на уступе и после бурения взрывных скважин в комплексе с визуальным и телеметрическим их обследованием. Установлена взаимосвязь структурной нарушенности пород и их диэлектрической проницаемости. Предложены подходы по оперативной оценке структурной нарушенности пород взрывного блока рабочего уступа карьера георадарным зондированием.

### Ключевые слова:

*карьер, уступ, БВР, георадарное зондирование, структурная нарушенность, оперативная оценка.*



Разработка глубоких горизонтов карьеров выдвигает особое требование к проведению буровзрывных работ (БВР) на рабочих уступах с учетом обеспечения оптимального дробления пород и устойчивости стенок уступов после проведения взрывных работ. Затраты на проведение БВР, качество отбойки и дезинтеграции горных пород, а также производительность карьерного оборудования напрямую зависят от того, в какой степени параметры БВР соответствуют геолого-структурному

строению уступа. Наличие в массиве горных пород различного рода структурных неоднородностей (зоны трещиноватости, обводнения, геологических включений, тектонических нарушений и т.п.) приводит к поглощению и рассеиванию энергии распространяющейся взрывной волны, в результате чего происходит неравномерное дробление горной массы. Дополнительные затраты на довзрывание негабаритов приводят к значительному удорожанию стоимости ведения горных работ. Поэтому важную роль приобретает знание геолого-структурного строения уступа в пределах взрывного блока, что существенно влияет на качество взрывной отбойки. За счет этого становится возможным подбор рациональных параметров буровых, взрывных и экскаваторных работ, оптимально учитывающих геолого-структурные особенности массива пород, которые должны обеспечивать максимально возможное равномерное дробление горной массы для последующих технологических этапов ее обработки.

Одним из оперативных методов изучения геолого-структурного строения массива горных пород является георадиолокационное подповерхностное зондирование, представляющее собой относительно малозатратное, оперативное и информативное средство измерений с высокой степенью разрешения, позволяющее получать результаты практически в режиме реального

---

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ 15-05-05835.

времени [1–5]. Поэтому целью данной работы являлось изучение возможности применения георадиолокационного обследования законтурного массива пород взрывных блоков глубоких рабочих уступов карьера для оценки их геолого-структурного строения (прежде всего степени структурной нарушенности) до проведения и при подготовке буровзрывных работ.

В качестве объекта исследований был принят рудник «Железный» АО «Ковдорский ГОК». Георадарные исследования были проведены на участках глубоких рабочих уступов западного (горизонт -35 запад), юго-западного (горизонт -110 юго-запад) и северного (горизонт -110 север) бортов карьера общей протяженностью около 4 км (рис. 1). Георадиолокационные измерения выполнялись продольным и поперечным профилированием с использованием георадарного комплекса RAMAC по поверхности уступа до проведения работ и после бурения взрывных скважин в комплексе с телеметрическим обследованием (с помощью телевизионной камеры) стенок скважин, созданием стоп-кадров и протоколированием визуально определяемых трещин и зон повышенной трещиноватости пород. Горно-геологические условия исследуемых взрывных блоков согласно паспортам БВР: горизонт -110 юго-запад апатит-магнетитовая руда V категории трещиноватости; горизонт -110 север апатит-форстерит-магнетитовая руда, пироксениты V категории трещиноватости; горизонт -35 запад ийолиты IV категории трещиноватости. Обследуемые взрывные блоки являлись “сухими” – до 17–20 м глубины буровзрывных скважин вода отсутствовала.



Рис. 1. Обследуемый георадиолокацией участок взрывного блока рабочего уступа рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК»

Результаты георадарного исследования геолого-структурного строения уступа вначале обрабатывались с использованием специализированных для вида исследований компьютерных программ (ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ и RadExplorer), интерпретировались отдельно, а затем выполнялся комплексный анализ полученных данных в пространственно-глубинной взаимосвязи. Первичный анализ обработанных радарограмм показал, что волновые картины до и после бурения скважин отличаются незначительно ввиду использования низкочастотной антенны 100 МГц с установленной глубиной зондирования до 30 м. В случае использования высокочастотных антенн от 1000 МГц и выше, обладающих большей разрешающей способностью, было бы возможным выявление дополнительно раскрытых/образованных трещин в породах в непосредственной окрестности скважины.

Изложение основных принципов георадиолокации, которые подробно описаны в широко известных работах исследователей в области георадиолокации (М.И. Финкельштейн, А.В. Старовойтов, М.Л. Владов, D.J. Daniels, M.J. Harry и др.) [см., например, 6], не являлось целью данной статьи. Известно, что для определения скорости электромагнитной волны в среде используется формула:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}},$$

где  $c$  – скорость света,  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды [6].

Определить диэлектрическую проницаемость однородных/сплошных скальных пород можно на образцах в соответствии с ГОСТ 25495-82 «Породы горные. Метод определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь».

В случае неоднородности среды (для массива скальных горных пород повышение их «несплошности»/нарушенности) картина значительно усложняется вследствие дифракции, преломления, отражения от границ/контуров, затухания электромагнитных волн. Кроме того, используемое промышленное георадарное оборудование (георадар RAMAC) имеет базу измерений около одного метра и, соответственно, однородные образцы скальных пород должны иметь размеры не менее 3 м (например, исходя из принципа Сен-Венана). Поэтому диэлектрическая проницаемость пород определялась в натуральных условиях тремя способами:

1. Определение диэлектрической проницаемости и глубины слоя по годографу дифрагированной волны (основанный на эффекте дифракции) – условно называется способом гипербола и применим, когда на георадарограмме отчетливо проявляются волновые эффекты в виде гипербола. Этот способ дает представления о скоростной характеристике разреза на основании следующей зависимости:

$$t(x) = \frac{2L}{V} = \frac{2\sqrt{x^2 + h^2}}{V},$$

где  $L$  – путь, пройденный волной;  $V$  – скорость;  $h$  – глубина залегания объекта;  $x$  – координата [6].

2. Определение диэлектрической проницаемости и глубины слоя по годографу отраженной волны (метод зондирования, или метод ОПВ (общего пункта возбуждения)) – способ оценки скоростей реализуется по данным многоканальных измерений или одноканальных радаров, работающих с изменяемым расстоянием между передающей и приемной антеннами (построение годографа задержки сигнала). Определение скоростей слоя этим методом осуществляется с учетом расстояния между приемной и передающей антеннами (базы антенны). По двум измерениям задержек сигнала и на расстояниях между приемником и передатчиком и по уравнению годографа однозначно определяются мощность слоя и его диэлектрическая проницаемость по следующим формулам (Руководство по эксплуатации георадаров, ООО «ВНИИСМИ»):

$$h_1 = \sqrt{\frac{t_2^2 d_1^2 - t_1^2 d_2^2}{4(t_1^2 - t_2^2)}},$$

$$\varepsilon_1 = \frac{t_1^2 c^2}{4h_1^2 + d_1^2}.$$

3. Определение глубины слоя и вычисление усредненного значения диэлектрической проницаемости по данным геологических скважин, так называемый «принцип калибровки». Принцип калибровки заключается в одновременном определении глубины геологических слоев двумя методами – по скважине и георадаром с последующим их сопоставлением. Затем с помощью компьютерной программы обработки георадарных данных, итерационно изменяя значение диэлектрической проницаемости, выявленную границу на радарограмме совмещают

с глубиной границы, определенной по геологической скважине. Если границ (слоев) по скважине несколько, данная процедура повторяется для следующего слоя, и таким образом строится скоростная модель исследуемого участка пород.

Для камеральной обработки данных георадиолокационных измерений использовалась программа ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ, реализующая обработку результатов анализа поля обратного рассеяния. На вход программы автоматизированной обработки подавалась числовая матрица амплитуд отраженных сигналов, полученная при георадиолокационном профилировании. В результате вычислений на выходе формируется матрица того же размера, но уже со значениями диэлектрической проницаемости для каждой точки двумерного пространства разреза. Технология (основанная на эффекте дифракции, как и в случае годографа дифрагирующей волны, но в автоматизированном программном режиме по всей площади разреза) позволяет производить построение разрезов как в случае наличия отражающих границ, так и в случае непрерывного изменения электрофизических свойств по профилю наблюдений и по глубине.

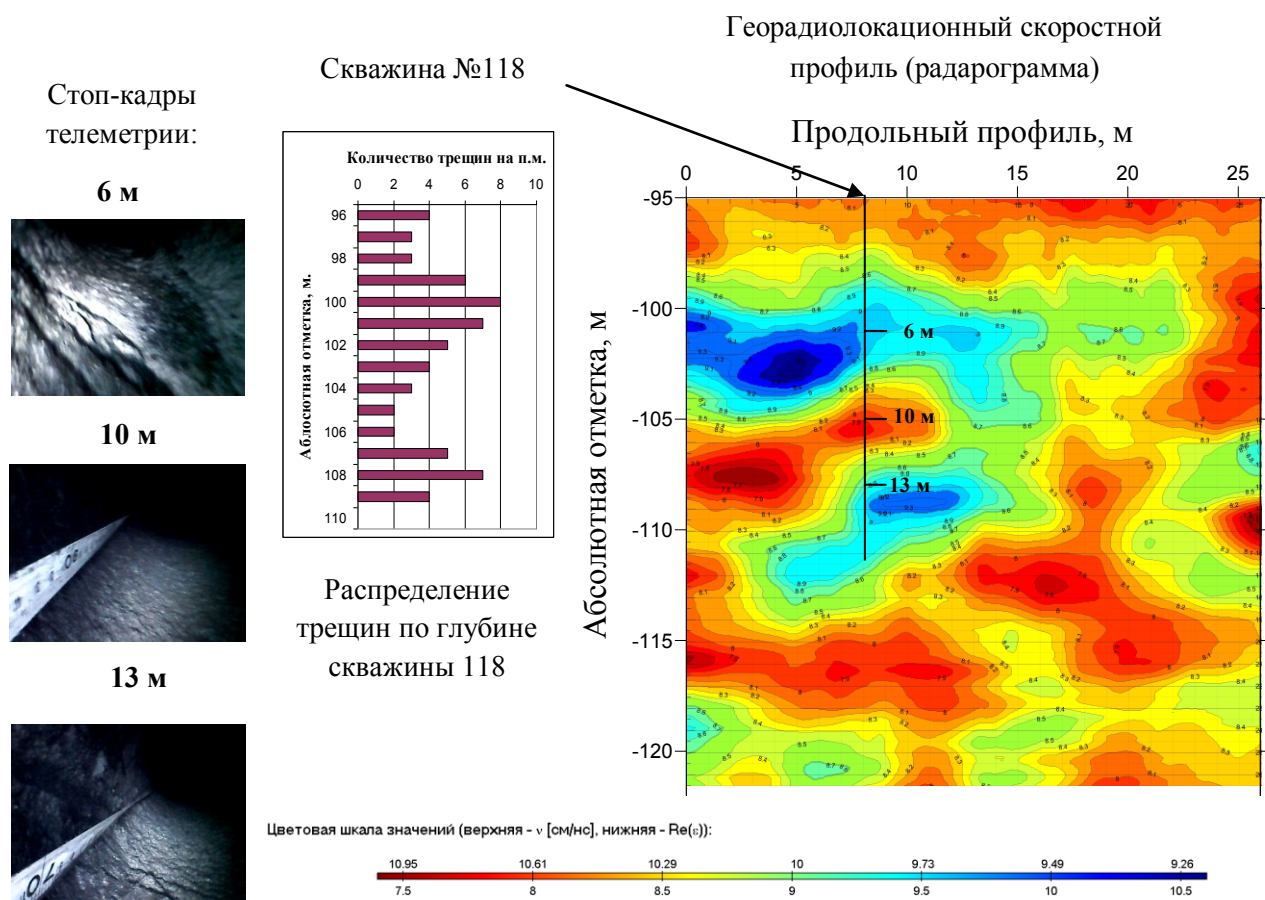


Рис. 2. Данные комплексных исследований взрывного блока рабочего уступа в пространственно-глубинной увязке

Геолого-структурная интерпретация заключалась в выявлении и локализации зон структурной нарушенности пород по данным георадиолокации с заверкой телеметрическим обследованием стенок скважин (с точки зрения наличия и ориентировочного числа трещин

на погонный метр). Телеметрическим обследованием фиксировались закрытые типы трещин – разрывы сплошности горных пород, хорошо заметные, но с плотно прижатыми стенками. Выявлялись прежде всего визуально видимые зоны трещиноватости – участки пород, в пределах которых трещины развиты более интенсивно, чем в окружающем массиве. Следует отметить, что довольно частым случаем было то, что для взрывного блока с категорией трещиноватости V по данным паспорта БВР наблюдались зоны нарушенности с категорией трещиноватости III или даже II, которые существенно повлияют на качество отбойки и дробления горной массы.

В частности, на рис. 2 приведены взаимосвязанные по глубине данные телеметрического обследования скважины № 118, распределение числа трещин (на 1 погонный метр (п.м.) стенки скважины как количественная характеристика интенсивности трещиноватости (нарушенности) пород) и радарограмма вертикального сечения, построенная в изолиниях диэлектрической проницаемости пород по данным георадиолокационного профилирования этого участка рабочего уступа протяженностью 25 м. Как видно из гистограммы в центральной части рис. 2, число трещин по глубине скважин изменяется от 2–4 на 1 п.м. (приповерхностная зона и породы на глубине около 10 м) до 5 и более на интервалах абсолютных отметок 98.5–102 м и 106.5–109 м (глубина скважины 3.5–7 м и 11.5–14 м от поверхности соответственно). На радарограмме (правая часть рис. 2) визуально для этих глубин выделяются зоны голубого и синего цветов, в пределах которых диэлектрическая проницаемость пород регистрируется в более высоких значениях: от 8.8 до 9.7. То есть большее количество трещин на п.м. в массиве пород коррелируется с повышенным значением диэлектрической проницаемости на радарограмме этого участка. Таким образом, можно предположить, что определяемые георадиолокационными измерениями значения диэлектрической проницаемости пород свыше 8.8 будут соответствовать породам повышенной трещиноватости (нарушенности).

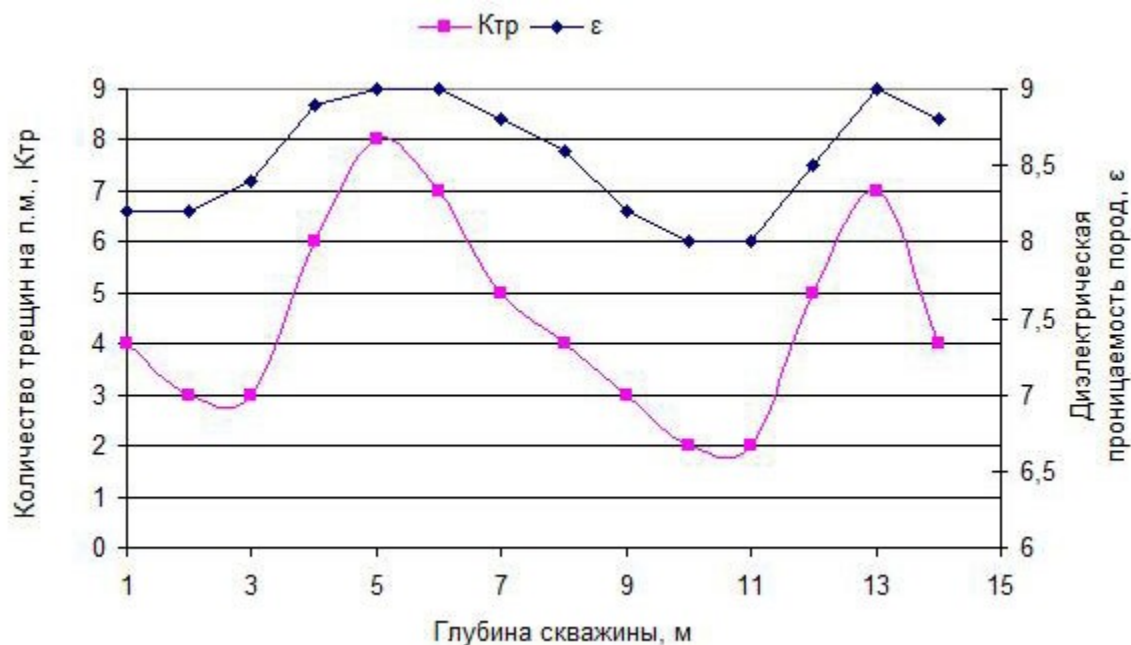


Рис. 3. Графики изменения интенсивности трещиноватости ( $K_{тр}$ ) и диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  пород по глубине скважин

Для этого были статистически обработаны данные регистрации числа трещин на п.м. (интенсивности трещиноватости  $K_{тр}$ ) и георадиолокационных измерений диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  по шести буровым скважинам одного участка уступа и построены графики

изменения средних их значений по глубине (рис. 3). На рисунке видна четкая корреляция как в характерах изменения графиков, так и в количественных значениях.

Установленная взаимосвязь интенсивности трещиноватости (нарушенности) пород и их диэлектрической проницаемости была положена в основу интерпретации данных георадиолокационного зондирования всех остальных участков исследуемых взрывных блоков рабочих уступов карьера. Результаты проведенных исследований были переданы в технический отдел комбината, и специалистами служб главного инженера карьера и буровзрывного участка были внесены корректировки в паспорта взрывных блоков в части расположения взрывных скважин и параметров БВР.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исследования георадарами структуры и текущего состояния горных пород, слагающих уступы основного карьера Ковдорского ГОКа / *А.И. Калашник и др.* // Горный журнал. 2014. №4. С. 60–64.
2. Подповерхностное георадарное зондирование горно-геологических сред Кольского полуострова / *А.И. Калашник и др.* // Вестник МГТУ. Тр. Мурман. гос. тех. университета. 2009. Т. 12, № 4. С. 576–583.
3. Исследования горнотехнических конструкций карьера георадарными технологиями / *А.И. Калашник и др.* // Вестник КНЦ РАН. 2012. № 2. С. 58–64.
4. Выявление дислокаций в скальных горнотехнических конструкциях / *А.И. Калашник и др.* // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16, № 1. С. 93–97.
5. *Мельников Н.Н., Калашник А.И.* Инновационные георадарные технологии изучения подповерхностной структуры и состояния природно-технических систем // Вестник КНЦ РАН. 2010. № 3. С. 4–8.
6. *Владов М.Л., Старовойтов А.В.* Введение в георадиолокацию. М.: МГУ, 2005. 153 с.

#### Сведения об авторах

*Калашник Анатолий Ильич* – к.т.н., зав. лабораторией Горного института КНЦ РАН;

e-mail: [kalashnik@goi.kolasc.net.ru](mailto:kalashnik@goi.kolasc.net.ru)

*Дьяков Андрей Юрьевич* – научный сотрудник Горного института КНЦ РАН;

e-mail: [dyakov@goi.kolasc.net.ru](mailto:dyakov@goi.kolasc.net.ru)

УДК 669.053.4'253:253

## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ИХТРЭМС КНЦ РАН В ОБЛАСТИ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ КОБАЛЬТА

**А.Г. Касиков**

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

### Аннотация

Представлен обзор работ, проведенных в ИХТРЭМС КНЦ РАН в области химии и технологии кобальта. Показано, что кобальт – стратегически важный элемент, спрос на который постоянно растет, поэтому актуальна задача совершенствования способов его извлечения из различных видов сырья. Приведены результаты исследований по выщелачиванию кобальта из бедных сульфидных руд, металлургических шлаков, кобальтовых концентратов и остатков синтеза карбонильного никеля. Описана роль ИХТРЭМС в разработке и внедрении на комбинате «Североникель» экстракционной технологии кобальтовых концентратов. Представлена новая технологическая схема производства кобальта из сульфидной никель-кобальтовой массы комбината «Южуралникель» и ряд способов комплексной переработки вторичного кобальтсодержащего сырья, а также работы по получению металлического кобальта, синтезу его соединений и очистке от кобальта сточных вод.

### Ключевые слова:

*кобальт, ИХТРЭМС, кобальтовый концентрат, экстракция, извлечение, кобальтовые соединения, сырье, руда.*



### Введение. Открытие и применение кобальта

В 2015 г. исполняется 280 лет со дня открытия шведским химиком Георгом Брандтом одного из уникальных элементов Периодической таблицы Д.И. Менделеева – кобальта. Однако применение кобальта началось задолго до его открытия, так как еще до нашей эры его включали в состав глазурей [1]. Длительное время потребление кобальта ограничивалось применением в составе различных красок, но с конца XIX века спрос на этот элемент резко вырос после углубленного изучения его свойств. В 1897 г. кобальт впервые опробовали в качестве катализатора, а затем стали использовать в различных сплавах для режущих инструментов и лопаток газовых турбин. В результате добыча кобальта в мире стала нарастать и в середине 1920-х гг. превысила 1 тыс. т в год. Еще через 10 лет из-за использования данного металла в постоянных магнитах и коррозионностойких сплавах его мировая добыча превысила 4.5 тыс. т в год [1]. В настоящее время производство кобальта составляет более 85 тыс. т в год [2] и продолжает постоянно расти, что во многом связано с применением его в электродных и авиационных материалах. Возросло потребление кобальта и при производстве ультрадисперсных порошков, которые обладают большой индукцией насыщения и являются перспективным материалом для создания магнитных жидкостей и композиционных материалов [3]. Порошки кобальта также хорошо зарекомендовали себя в качестве высокоэффективных катализаторов, в частности, для производства водорода из природного газа.

## **Исследования ИХТРЭМС КНЦ РАН в области производства кобальта из минерального сырья**

Вопросами химии и технологии кобальта в ИХТРЭМС КНЦ РАН занимаются около 50 лет. Первые работы по выщелачиванию элемента из медно-никелевых руд относятся к середине 1960-х гг. В этот период в институте создается лаборатория проблем комплексной переработки руд легких и цветных металлов [4]. Результатом первых работ, которые институт проводил совместно с Горным институтом КФАН, стало изучение выщелачивания цветных металлов из бедных медно-никелевых руд Кольского п-ова [5]. Однако выделением кобальта и его соединений в тот период еще не занимались.

Извлечь кобальт из растворов выщелачивания кобальтсодержащих материалов стало возможным после применения на практике метода жидкостной экстракции. В частности, в работе Л.В. Дьяковой изучена экстракция кобальта смесями на основе третичных алкиламинов из концентрированных хлоридных растворов от солянокислотного выщелачивания шлаков комбината «Североникель» [6]. Важность этой работы обусловлена тем, что кобальт при пирометаллургической переработке медно-никелевого сырья на 50 % переходит в шлаки, поэтому они являются достаточно богатым его источником и служили источником кобальта в первых технологиях его производства из сульфидных медно-никелевых и окисленных никелевых руд [1]. В настоящее время работы, направленные на извлечение кобальта из металлургических шлаков, в ИХТРЭМС продолжаются, в том числе и для шлаков комбината «Южуралникель» [7]. При этом упор делается не только на выщелачивание из шлаков цветных металлов, но и на производство железосодержащей продукции и утилизацию диоксида кремния в стройиндустрии [8–10].

Применение жидкостной экстракции позволило в дальнейшем выделить кобальт из растворов автоклавного выщелачивания дополнительных концентратов, которые получали по новой технологии обогащения бедных сульфидных медно-никелевых руд Печенги [11]. Следует отметить, что исследования по переработке бедных руд проводились несколькими институтами КНЦ РАН совместно с фирмой «Оутокумпу» [12]. Для переработки дополнительных концентратов их подвергали двухстадийному выщелачиванию. На первой стадии выполняли атмосферную сернокислотную обработку концентратов, а затем пульпу подавали на автоклавное выщелачивание [13]. Фильтраты автоклавного выщелачивания далее нейтрализовали и направляли на разделение цветных металлов и железа методом жидкостной экстракции [14]. Для совместной экстракции никеля и кобальта и отделения от магния применяли органическую смесь на основе Д2ЭГФК и Kelex-100. В результате была создана технологическая схема переработки сульфатных магниевых растворов [14].

В 1990-х гг. в ИХТРЭМС проводились также работы, направленные на усовершенствование технологии гидратных кобальтовых концентратов комбината «Североникель». В тот период концентраты перерабатывали по многостадийной устаревшей технологии, основанной на сернокислотном выщелачивании и очистке растворов от железа, меди и марганца с помощью осадительных методов, что приводило к большому расходу реагентов и значительным потерям кобальта. Из-за невысокой эффективности производства и износа основного оборудования в 1996 г. производить огневой кобальт на комбинате «Североникель» перестали и начали отправлять кобальтовые концентраты на Урал [15].

Усовершенствовать технологию переработки кобальтовых концентратов удалось благодаря внедрению в производство безопасного способа вскрытия кобальтовых концентратов соляной кислотой в присутствии твердофазного восстановителя [16] и экстракционного способа извлечения кобальта из хлоридных никелевых растворов с применением смесей на основе третичных аминов [17]. Реализовать экстракционный способ во многом стало возможным благодаря тому, что в ИХТРЭМС проводили не только научные изыскания, но и изготавливали экстракционное оборудование. На рис. 1 показан каскад лабораторных экстракторов, установленный в «экстракционной комнате» лаборатории «Разработки и



внедрения процессов химической технологии», на котором «оттачивалась» будущая технология кобальта. Для перехода от лаборатории к производству в КНЦ РАН при участии института изготовлены и промышленные экстракторы для нового кобальтового производства (рис. 2), в результате на комбинате «Североникель» Кольской ГМК в 1998 г. удалось ввести в строй кобальтовый участок, на котором стали производить основной карбонат кобальта (II). В начальный период освоения технологии карбонат кобальта имел высокое содержание остаточного хлора, который не удалялся при водной промывке. Для осаждения свободного от хлора карбоната кобальта было изучено влияние условий осаждения на структуру и состав образующихся осадков и запатентован способ осаждения основного карбоната кобальта [18], обеспечивающий синтез соли, в которой было не более 0.05 % хлора. Реализация способа на практике обеспечила наработку в ОАО «Кольская ГМК» более 1 тыс. т этого соединения, которое пользовалась большим спросом. В частности, ее закупала «Ангарская нефтехимическая компания» для производства катализаторов [19].



*Рис. 1. Лабораторный каскад экстракторов с дозирующим оборудованием*



*Рис. 2. Промышленный экстрактор перед отправкой в Кольскую ГМК*

Карбонат кобальта применяли также при производстве его оксида и металлического кобальта, который получали из оксида путем высокотемпературного восстановления в атмосфере водорода или методом восстановительной плавки. Для производства 650 т металлического кобальта институтом совместно со специалистами Кольской ГМК был подготовлен технологический регламент, в соответствии с которым на комбинате «Североникель» должны были освоить выпуск гранулированного кобальта, содержащего 99.6–99.8 % основного вещества [20].

Согласно способу [21], в качестве исходного продукта для получения металлического кобальта применяли также безводный дихлорид кобальта. В ходе термообработки дихлорида кобальта в токе инертного газа достигается очистка исходной соли от ряда микропримесей, образующих летучие хлориды, а при водородном восстановлении, кроме металлического кобальта, дополнительно образуется хлороводород, который можно направлять на вскрытие кобальтовых концентратов, что позволило бы снизить закупку соляной кислоты.

На практике металлический кобальт на комбинате «Североникель» стали осаждать методом электроэкстракции из очищенных растворов его хлорида [22]. Производство чистого кобальта было достигнуто благодаря проведению предварительной экстракционной очистки растворов выщелачивания кобальтового концентрата от меди [23] и использования на комбинате «Североникель» экстракторов более высокой производительности [19]. Проведенная

модернизация обеспечила производство металлического кобальта (рис. 3), близкого или превосходящего по качеству металл ведущих зарубежных производителей (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные данные по химическому составу металлического кобальта, произведенного на опытно-промышленной установке комбината «Североникель», и металла некоторых зарубежных производителей в сравнении с кобальтом марки К1Ау по ГОСТ 123-98

Элемент	Требования к марке К1Ау	Состав кобальта, мас. %		
		Falconbridge, Норвегия	Sumitomo metal mining, Япония	Кольская ГМК
Co	99.35	99.95	99.8	Не менее 99.8
Ni	0.3	0.03	0.12	0.04
Cu	0.02	0.0005	0.0016	0.004
Fe	0.2	0.001	0.002	0.003
Mn	0.03	0.005	–	<0.0001
Pb	0.0005	0.0002	0.0005	0.0005
Zn	0.002	0.0002	0.0019	<0.0001
Sn	0.0004	–	–	<0.0001
Si	–	–	0.01	0.0007
Sb	0.0006	–	–	0.0005
Se	0.003	–	0.0005	<0.0005
As	0.001	0.0001	–	0.0003
Bi	0.0004	–	–	<0.0001
Mg	–	–	–	<0.0002
Al	–	–	–	<0.0002
C	0.02	0.002	0.001	0.006

Следует отметить, что оценить качество кобальта во многом стало возможным после освоения в ИХТРЭМС метода определения в кобальте и его соединениях микропримесей с помощью метода масс-спектрометрии [24].

Низкое содержание микропримесей в электролитном кобальте обеспечило возможность его применения для производства жаропрочных сплавов на никелевой основе последнего поколения, используемых в ракетной и авиационной технике. Испытания, проведенные в ФГУП ВИАМ, показали, что замена «рядового кобальта» на более чистый электролитный металл способствовала увеличению долговечности изделий из жаропрочных сплавов на 30 % [25].

В лаборатории порошковой металлургии ИХТРЭМС электролитный кобальт производства Кольской ГМК применяли также при производстве кобальтовых сплавов для распыляемых мишеней [26, 27].

При производстве металлического кобальта методом электроэкстракции или путем водородного восстановления его соединений образуется металл с низким содержанием примесных элементов, однако такой кобальт имеет высокую газонасыщенность и поэтому его обычно отжигают. Как установлено в работе [28], устранить этот недостаток и осадить пластичный кобальт с низким содержанием примесей внедрения ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ , C) возможно путем его электрохимического рафинирования в расплаве солей в интервале температур 973–1073 К.

В 2015 г. запланировано расширение кобальтового производства на комбинате «Североникель» до 3 тыс. т в год [29], что обеспечит переработку в Мончегорске более половины добываемого в России кобальта. В перспективе существует возможность переработки на

мончегорской площадке всего кобальта концерна «Норильский Никель», поэтому требуется повышение производительности экстракционного передела.

Производительность экстракционного передела можно существенно увеличить за счет применения в качестве модификатора третичных аминов алифатических кетонов, добавка которых способствует не только повышению емкости экстракционной смеси и коэффициента распределения кобальта [30], но и, как показано в табл. 2, существенно снижает вязкость органической фазы, от которой зависит скорость расслаивания фаз.



а

б

Рис. 3. а – «опробование» кобальта акад. А.И. Холькиным во время поездки на комбинат «Североникель», Мончегорск, апрель 2008 г.; б – выгрузка кобальтовых катодов

Укрупненные лабораторные испытания экстракционной смеси на основе 30 % триоктиламина и 30 % 2-октанона в инертном разбавителе, проведенные в 2014 г. на каскаде лабораторных экстракторов, подтвердили перспективность ее применения на практике.

По технологии производства 3 тыс. т кобальта никелевые рафинаты после экстракции кобальта должны поступать на разбавление и очистку от свинца и марганца с помощью гидролитических способов, что усложняет производство и не обеспечивает выделение этих элементов в самостоятельные продукты. В ИХТРЭМС КНЦ РАН было установлено, что при применении смесей триоктиламина с 2-октанолом марганец, так же как и кобальт, может быть эффективно удален из хлоридных никелевых растворов [31]. Установлена также возможность экстракции из хлоридных никелевых растворов свинца с помощью синергетных смесей на основе третичных аминов и фосфиновой кислоты.

Гидратные кобальтовые концентраты Кольской ГМК не только исходное сырье для производства кобальта и его соединений, они могут применяться и в качестве окислителя, так как содержат кобальт(III). В работе [32] сообщается, что использование взамен пероксида водорода кобальтовых концентратов обеспечивает эффективное окисление и гидротермальную отгонку осмия из анионообменной смолы АМП [32]. После промышленных испытаний способ

извлечения осмия был внедрен на комбинате «Североникель» Кольской ГМК для производства осмата калия. Позднее кобальтовый концентрат в ИХТРЭМС применяли для окисления и дистилляции рутения из растворов выщелачивания сложнолегированных сплавов на никель-кобальтовой основе [33].

Таблица 2

Влияние природы модификатора в экстракционных смесях на основе триоктиламина (ТОА) и триизооктиламина (ТиОА) до и после экстракции кобальта на их вязкость при 30 °С

Состав смеси	Вязкость экстрагента в хлоридной форме, спз	Вязкость кобальтовых экстрактов, спз
	9.77	24.85
30 % ТОА+ 10 % изооктанола	7.75	20.95
30 % ТОА+ 10 % деканола	10.39	31.50
30 % ТиОА+ 10 % спиртов C <sub>8</sub> +C <sub>10</sub>	10.48	26.32
30 % ТиОА+ 10 % изооктанола	9.78	22.40
30 % ТиОА+ 10 % деканола	11.77	33.02
30 % ТОА+ 30 % 2-октанона	3.79	6.95
30 % ТиОА+ 30 % 2-октанона	3.68	8.02

Кроме гидратных кобальтовых концентратов богатым по кобальту промежуточным продуктом на комбинате «Североникель» являются остатки синтеза карбонильного никеля, которые обогащены благородными металлами, медью и кобальтом. В соответствии с действующей технологией их направляют в оборот на пирометаллургическую переработку, что приводит к дополнительным потерям благородных металлов и кобальта, а также вызывает загрязнение никелевых анодов медью. С целью усовершенствования технологии переработки остатков синтеза карбонильного никеля было проведено систематическое изучение процесса выщелачивания сульфидных минералов в хлоридных растворах при контролируемом окислительно-восстановительном потенциале [34–36] и затем запатентован новый способ переработки данного продукта [37].

Несмотря на то что основное количество кобальта производится из сульфидных медно-никелевых руд, содержание кобальта в окисленных никелевых рудах обычно выше [1]. Однако в настоящее время кобальт из этого вида сырья в России не извлекают, а ограничиваются производством ферроникеля. Для решения проблемы полной потери кобальта в ИХТРЭМС разработана автоклавная экстракционно-электролизная технология сульфидной никель-кобальтовой массы (рис. 4), которая взята за основу при подготовке технологического регламента и ТЭО на новое производство. За счет производства кобальта и благородных металлов, а также снижения потерь никеля технология обеспечивает существенное повышение комплексности использования сырья и характеризуется высокой экономической эффективностью. Выполненные расчеты подтвердили высокую эффективность новой технологии, что достигается не только за счет начала выделения кобальта, но и за счет снижения потерь никеля со шлаками, организации производства концентратов благородных металлов, а также нового способа утилизации избыточной серной кислоты [38].

### Производство кобальта из вторичного сырья

Помимо минерального сырья, значимым источником кобальта является также вторичное сырье. Несмотря на то что содержание кобальта в таком сырье достаточно велико, его переработка осложняется непостоянством состава и присутствием разнообразных примесей. Работы, выполненные в этом направлении, отражены в публикациях [39–43]. А.И. Николаевым предложено несколько вариантов выделения кобальта и вольфрама из твердосплавных отходов

[39]. В частности, предложена двухстадийная обработка отходов кислотами сначала необоженного материала, а на второй стадии – обоженного, что обеспечило существенное повышение чистоты кобальтовых соединений.



Рис. 4. Принципиальная технологическая схема переработки сульфидной никель-кобальтовой массы в условиях комбината «Южуралникель»

Л.Г. Герасимовой предложена схема переработки отработанных кобальтовых катализаторов с получением солей кобальта [40].

Организация локальных малотоннажных производств обычно сопряжена с большими расходами, и поэтому эффективным способом утилизации отходов и вторичного сырья является его совместная переработка с природным сырьем на действующих металлургических комбинатах. Такая схема применялась ранее на комбинате «Североникель» для переработки кобальтсодержащих вторичных материалов. Согласно действовавшей технологии вторичное сырье подвергали гидрохлоридному выщелачиванию и направляли растворы на совместную переработку с никель-кобальтовыми растворами основного производства. С учетом того, что при гидрохлорировании вторичного сырья образуются концентрированные никель-кобальтовые растворы, в ИХТРЭМС была предложена технология, основанная на экстракционной очистке растворов от меди с помощью трибутилфосфата и экстракции кобальта триоктиламином [41]. Кроме того, была предложена схема выделения из остатков гидрохлоридного выщелачивания редких металлов [42], которые ранее полностью терялись.

Однако совместная переработка вторичных материалов с медно-никелевым сырьем в ряде случаев недопустима. В частности, это касается ренийсодержащих отходов на никель-

кобальтовой основе. Переработка данного вида вторичного сырья требует обязательного глубокого удаления из него рения, стоимость которого в исходных материалах превышает стоимость всех остальных металлов. Для выделения рения из отходов предложено несколько вариантов их переработки, обеспечивающих производство концентратов рения или его чистых солей [43].

### **Синтез кобальтовых соединений и его удаление из сточных вод**

С учетом того, что большая часть кобальта в настоящее время применяется в виде различных солей и соединений из раствора хлорида кобальта, помимо его карбоната синтезировали также и другие его соли и соединения. В работе [44] раствор хлорида кобальта(II) применяли для синтеза синего лессирующего пигмента. Эту же соль кобальта использовали и для осаждения смеси гидроксидов кобальта и железа, из которой после сушки и прокалки в токе водорода получали Fe-Co нанопорошки [45]. Причем было установлено, что по величине коэрцитивной силы порошки на два порядка превосходят компактный сплав Fe-Co.

Железо-кобальтовые нанопорошки находят применение и в качестве катализаторов в синтезе Фишера – Тропша. Для их синтеза проводили термолиз двойных железо-кобальтовых комплексных солей в токе водорода [46]. Синтез и свойства других комплексных кобальтовых солей изложены в работах С.И. Печенюк [47, 48].

В последнее время в ИХТРЭМС КНЦ РАН проводятся также работы по производству кобальтсодержащих электродных материалов [49].

Для синтеза из растворов хлорида кобальта других его растворимых солей испытаны два новых способа экстракционной конверсии [50–52]. Согласно первому способу из раствора хлорида кобальта проводили экстракцию кобальта катионообменным экстрагентом, а затем рекстрагировали кобальт соответствующей кислотой. В соответствии со способом [52], из кобальтового раствора проводили экстракцию ионов хлора путем контактирования его с сульфатной солью триоктиламина. В результате обменной реакции третичный амин переходил в хлоридную форму, а кобальтовый раствор становился сульфатным.

Несмотря на то что кобальт является одним из жизненно необходимых элементов и применяется в лекарственных препаратах и кормовых добавках, это достаточно токсичный элемент, сброс которого в водоемы недопустим. Особенно опасен радиоактивный кобальт-60, так как его распад сопровождается гамма-излучением. С целью удаления кобальта из водных объектов в ИХТРЭМС синтезирован ряд новых сорбентов [53–55]. Совместно с Горным институтом КНЦ РАН найден способ выделения кобальта из сточных вод медно-никелевого производства, основанный на осаждении цветных металлов с последующей флотацией продукта [56].

Таким образом, выполненные в ИХТРЭМС в течение почти 50 лет исследования, часть которых проводилась совместно с другими институтами КНЦ РАН, позволили разработать научные основы новых технологий производства кобальта из природного и вторичного сырья, получить металлический кобальт и его сплавы, синтезировать ряд комплексных и композиционных соединений, а также провести очистку от кобальта сточных вод.

С учетом необходимости увеличения производства этого элемента и постоянного расширения его применения на практике, исследования в области химии и технологии кобальта остаются по-прежнему актуальными и поэтому продолжают в настоящее время. В частности, наиболее важной задачей ближайшего времени является научное сопровождение пуска на комбинате «Североникель» Кольской ГМК нового производства 3 тыс. т кобальта в год.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Резник И.Д., Соболев С.И., Худяков В.М. Кобальт. М.: Машиностроение, 1995. Т. 1. 439 с.
2. Production Statistics 2013 // Cobalt News. 2014. № 2. Р. 3–5.
3. Губин С.П., Кокшаров Ю.Л. Получение наноразмерных порошков никеля и кобальта для современной промышленности // Неорг. материалы. 2002. Т. 38, № 11. С. 1287–1304.
4. Громов П.Б., Ковалевский В.П., Кунишина Г.Б. Институту химии и технологии редких элементов и минерального сырья –

55 лет // Вестник Кольского научного центра РАН. 2012. № 4 (11). С. 53–61. **5.** Химическое и бактериальное выщелачивание медно-никелевых руд / Э.А. Головкин, А.К. Розенталь, В.А. Седельников, В.М. Суходрев. Л.: Наука, 1978. 200 с. **6.** Дьякова Л.В., Ртвеладзе В.В., Косяков А.И. Переработка растворов после выщелачивания шлаков // Гидрометаллургия и химия редких элементов: сб. тр. Апатиты, 1991. С. 50–52. **7.** Касиков А.Г., Шарандо М.А., Рыбин С.Г. Проблемы и перспективы извлечения кобальта из промпродуктов и отходов комбината «Южуралникель» // Сборник докладов Второй междунар. науч.–практич. конф. «Современные ресурсосберегающие технологии». Одесса, 2012. С. 114–119. **8.** Водостойкие магниезиальные вяжущие на основе продуктов переработки шлака цветной металлургии / А.Г. Касиков, В.В. Тюкавкина, Б.И. Гуревич, Е.А. Майорова // Строительные материалы. 2012. № 11. С. 70–73. **9.** Касиков А.Г. Проблемы и перспективы вовлечения в хозяйственный оборот отвальных продуктов медно-никелевого производства // Север и рынок 2013. №1. С. 55–59. **10.** Получение аморфного кремнезема из шлаков цветной металлургии и его использование для магниезиальных вяжущих / В.В. Тюкавкина, А.Г. Касиков, Б.И. Гуревич, Е.А. Майорова // Химическая технология. 2014. № 3. С. 167–172. **11.** Складнева Л.Ф. Обогащение вкрапленных бедных медно-никелевых руд. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. 106 с. **12.** Способ переработки бедных медно-никелевых руд Печенгского месторождения / А.И. Косяков, М. Хэмэлайнен, Л.В. Дьякова, П.Б. Громов, А.Г. Касиков, Ю.Н. Нерадовский, В.А. Маслобоев, А.В. Соловьев // Цветные металлы. 1996. № 3. С. 17–19. **13.** Autoclave processing of low grade copper-nickel concentrates / A. Kosyakov, M. Hamalainen, P. Gromov, A. Kasikov // Hydrometallurgy. 1995. Vol. 39, № 1–3. P. 223. **14.** Дьякова Л.В., Касиков А.Г., Громов П.Б. Экстракционная переработка многокомпонентных сульфатных растворов с помощью органических смесей на основе ди-2-этилгексилфосфорной кислоты // Новые процессы в металлургии цветных, редких и благородных металлов: сб. тр. Апатиты, 2001. С. 21–27. **15.** Позняков В.Я. Североникель. М.: Руда и металлы, 1999. 428 с. **16.** Пат. 2080398 РФ, МПК<sup>6</sup> С 22 В 23/00. Способ переработки кобальтового концентрата / А.Г. Касиков, О.А. Хомченко, В.И. Скороходов и др.; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья КНЦ РАН. № 95112331/02; заявл. 18.07.95; опубл. 27.05.97, Бюл. № 15. **17.** Пат. 2293129 РФ, МПК С 22 В 23/00, 3/28 (2006.01). Способ извлечения кобальта из хлоридных растворов, содержащих никель и примесные металлы / А.Г. Касиков, Л.В. Дьякова, Е.Г. Багрова и др.; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья КНЦ РАН. № 2005126931/02; заявл. 25.08.05; опубл. 10.02.07, Бюл. № 4. **18.** Пат. 2240287 РФ, МПК<sup>7</sup> С 01 G 51/06. Способ получения карбоната двухвалентного кобальта / А.Г. Касиков, А.А. Анхимов, К.А. Демидов и др.; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья КНЦ РАН; ОАО «Кольская ГМК». № 2003107372/15; заявл. 17.03.03; опубл. 20.11.04, Бюл. № 32. **19.** Касиков А.Г. 10 лет новому кобальтовому производству // Север индустриальный. 2009. Март. С. 32–34. **20.** Технологический регламент на производство 2500 т кобальта по экстракционно-пирометаллургической схеме с созданием на первом этапе модуля мощностью 650 т кобальта. Апатиты; Мончегорск, 2002. Фонды ИХТРЭМС. Инв. №790. 73 с. **21.** Пат. 2534323 РФ, МПК С22В 23/02, 5/12 (2006.01). Способ получения металлического кобальта / А.Г. Касиков; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья КНЦ РАН. № 2013137295/02; заявл. 08.08.13; опубл. 27.11.14, Бюл. № 33. **22.** Промышленное освоение гидрохлоридной экстракционно-электролизной технологии получения кобальта из его гидратных концентратов / А.Г. Касиков, Б.Э. Затицкий, К.А. Демидов, Л.В. Дьякова, О.А. Хомченко // Хим. технология. 2005. №3. С. 13–17. **23.** Касиков А.Г., Кшуманева Е.С., Садовская Г.И. Осаждение меди из растворов соляно-кислотного выщелачивания гидратных концентратов кобальта(III) // Химическая технология 2004. № 9. С. 19–24. **24.** Дрогобужская С.В., Касиков А.Г. Аналитическое сопровождение получения чистого кобальта и его солей // Перспективные материалы. Спецвыпуск. 2011. С. 111–115. **25.** Исследования и разработки ИХТРЭМС КНЦ РАН в области материаловедения для решения задач специальной техники / В.Т. Калинин, А.Г. Касиков, В.М. Орлов, Б.М. Фрейдин, Н.Н. Гришин // Химическая технология. 2009. №3. С. 177–182. **26.** Мишени для распыления из сплава Si-Co / И.Г. Колесникова, Б.М. Фрейдин, В.И. Серба, Ю.В. Кузьмич, Д.Л. Рогачев // Металлы. 2008. № 6. С. 96–99. **27.** Майоров Л.А. Микроструктура сплава хром-кремний-кобальт для мишеней магнетронного распыления // Материалы VI Региональной молодежной науч.-технич. конф. «Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий» (Апатиты, 11–13 апреля 2012 г.). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. С. 61–64. **28.** Казакова О.С., Кузнецов С.А. Получение пластичного кобальта электрорафинированием в солевых расплавах // Цветные металлы. 2011. №11. С. 4–8. **29.** Освоение экстракционных технологий в ОАО «Кольская ГМК» при производстве кобальта и меди / А.В. Захаров, И.Э. Мальц, О.А. Хомченко, А.Г. Касиков // Цветные металлы. 2013. № 10. С. 51–55. **30.** Дьякова Л.В., Касиков А.Г., Кадырова Г.И. Влияние природы и концентрации модификатора на экстракцию кобальта из хлоридных растворов триоктиламином // Журнал прикладной химии. 2012. № 11. С. 1184–1887. **31.** Дьякова Л.В., Касиков А.Г. Экстракция марганца(II) из хлоридных никелевых растворов с использованием триоктиламина // Журнал прикладной химии. 2013. Т. 86, № 7. С. 1158–1161. **32.** Касиков А.Г., Арешина Н.С., Макаров В.В. Совершенствование технологии извлечения осмия из отработанной ионообменной смолы АМП // Химическая технология. 2000. № 10. С. 19–22. **33.** Извлечение рения и рутения из отходов производства сложнотермостойких жаропрочных сплавов на никелевой основе / А.Г. Касиков, А.М. Петрова, Н.С. Арешина, Е.С. Кшуманева, Е.Ю. Ракитина // Тезисы докладов XX Международной Чернявской конференции по химии, аналитике и технологии платиновых металлов (Красноярск, 7–12 октября 2013 г.). Красноярск: Изд. СФУ, 2013. С. 143. **34.** Кшуманева Е.С., Касиков А.Г., Нерадовский Ю.Н. Поведение сульфидов цветных металлов при соляно-кислотном выщелачивании остатков синтеза карбонильного никеля // Журнал прикладной химии. 2005. Т. 78, вып. 2. С. 185–190. **35.** Выщелачивание пентландита в системе FeCl<sub>3</sub>.CuCl<sub>2</sub>-HCl / Е.С. Кшуманева, А.Г. Касиков, Ю.Н. Нерадовский, А.Т. Беляевский // Журнал прикладной химии. 2009. Т.82, вып. 8. С. 1233–1238. **36.** Исследование поведения халькозина при

выщелачивании остатков синтеза карбонилирования никеля растворами хлорида меди(II) / *Е.С. Кшуманева, А.Г. Касиков, Ю.Н. Нерадовский, В.Я. Кузнецов* // Журнал прикладной химии. 2009. Т. 82, вып. 5. С. 720–726. **37.** Пат. 2398030 РФ, МПК С 22 В 7/00, 15/00, 23/00 (2006.01). Способ переработки остатков синтеза карбонильного никеля / *А.Г. Касиков, Е.С. Кшуманева*; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья КНЦ РАН. № 2009119992/02; заявл. 26.05.09; опубл. 27.08.10, Бюл. № 24. **38.** Пат. 2485190 РФ, МПК С 22 В 23/00, 3/08 (2006.01). Способ переработки никелевого штейна / *А.Г. Касиков, М.А. Иванова, Е.Г. Багрова и др.*; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья КНЦ РАН. № 2011145852/02; заявл. 10.11.11; опубл. 20.06.13, Бюл. № 17. **39.** *Николаев А.И., Майоров В.Г., Копков В.К.* Разработка технологии отходов твердосплавного материала // Сб. тезисов докладов науч. конф. «Химия и технология переработки комплексного сырья Кольского полуострова» (Апатиты, 22–24 апреля 1996 г.). Апатиты, 1996. С. 60. **40.** *Герасимова Л.Г., Николаев А.И.* Утилизация твердых отходов производства с получением пигментов и других неорганических материалов // Экология промышленного производства. 2007. № 2. С. 34–43. **41.** *Касиков А.Г.* Применение и перспективы использования экстракционных процессов в отечественной технологии медно-никелевого сырья // Хим. технология. 2002. № 4. С. 29–36. **42.** *Касиков А.Г.* Переработка редкометалльных остатков от гидрохлорирования вторичных материалов на никель-кобальтовой основе // Матер. симпозиумов / под ред. Е.М. Шелкова. М.: ОИВТ РАН, 2008. С. 113–119. **43.** *Касиков А.Г., Петрова А.М.* Рециклинг рения. М.: Изд. РЕНАР, 2014. 98 с. **44.** Пат. 2139307 РФ, МПК<sup>С</sup> 09 С 1/00. Способ получения кобальтсодержащих пигментов / *Л.Г. Герасимова, Л.И. Склокин, А.Г. Касиков и др.* № 98113450/12; заявл. 06.07.98; опубл. 10.10.99, Бюл. № 28. **45.** Характеристики нанопорошков сплавов Fe-Co в зависимости от условий их формирования / *И.Г. Колесникова, Б.М. Фрейдин, Ю.В. Кузьмич, В.И. Сербя* // Металлы. 2009. № 4. С. 92–95. **46.** О влиянии природы аниона на процесс термолитиза двойных комплексов  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  / *С.И. Печенюк, Д.П. Домонов, Д.Л. Рогачев, А.Т. Беляевский* // Журнал неорганической химии. 2007. Т. 52, № 7. С. 1110–1115. **47.** *Домонов Д.П., Куратьева Н.В., Печенюк С.И.* Строение и свойства двойных комплексных солей  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$  // Журнал структурной химии. 2011. Т. 52, № 2. С. 365–370. **48.** *Печенюк С.И., Семушина Ю.П., Кадырова Г.И.* Синтез и свойства двойных комплексных солей, содержащих катион  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  // Координационная химия. 2005. Т. 31, № 12. С. 912–917. **49.** Получение электродного материала, модифицированного литийпроводящим твердым электролитом / *Г.Б. Куншина, В.И. Иваненко, О.Г. Громов, Э.П. Локшин* // Журнал неорганической химии. 2014. Т. 59, № 12. С. 1415–1419. **50.** Пат. 2430171 РФ, МПК С 22 В 23/00, 3/38 (2006.01). Способ конверсии соли цветного металла / *А.Г. Касиков, Л.В. Дьякова*; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья КНЦ РАН. № 2010125362/02; заявл. 21.06.10; опубл. 27.09.11, Бюл. № 27. **51.** Cobalt salts production by using solvent extraction / *L.V. Dyakova, A.G. Kasikov, E.S. Kshumaneva, S.V. Drogobuzhskaya* // Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry. 2010. 5 (1). P. 90–94. **52.** Пат. 2489502 РФ, МПК С 22 В 3/28, 3/40 (2006.01). Способ конверсии хлорида металла в его сульфат / *А.Г. Касиков*; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья КНЦ РАН. № 2012122236/02; заявл. 29.05.12; опубл. 10.08.13, Бюл. № 22. **53.** Дезактивация жидких радиоактивных отходов с повышенным солесодержанием / *Э.П. Локшин, В.И. Иваненко, Х.Б. Авсарогов, В.Т. Калинин* // Инновационный потенциал Кольской науки. Апатиты, 2005. С. 160–166. **54.** *Маслова М.В., Герасимова Л.Г., Мотина Н.В.* Исследование сорбционных свойств композиционного материала на основе фосфата титана по отношению к ионам цветных металлов // Журн. приклад. химии. 2008. Т. 81, вып. 1. С. 35–40. **55.** *Маслова М.В., Герасимова Л.Г., Охрименко Р.Ф.* Влияние природы прекурсоров кремниевой кислоты на структуру и сорбционные свойства композиционного ионообменника // Физика и химия стекла. 2011. Т. 37, № 1. С. 90–98. **56.** Выделение никель-кобальтового концентрата при очистке сточных вод медно-никелевого производства / *В.Г. Майоров, Л.Л. Креймер, В.Л. Дубровский, В.К. Копков, А.Ш. Гершенков, А.И. Николаев* // Цветные металлы. 2000. № 10. С. 86–88.

## Сведения об авторе

*Касиков Александр Георгиевич* – к.х.н., член-корр. МАНЭБ, зав. сектором гидрометаллургии кобальта, никеля и благородных металлов ИХТРЭМС КНЦ РАН;  
e-mail: kasikov @chemy.kolasc.net.ru



УДК 523.62.726

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТНОГО ПРОФИЛЯ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ Pc5 ПУЛЬСАЦИЙ ПО ДАННЫМ РАДАРА EISCAT\*

В.Б. Белаховский<sup>1</sup>, А.Е. Козловский<sup>2</sup>, В.А. Пилипенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Полярный геофизический институт, г. Апатиты

<sup>2</sup>Геофизическая обсерватория Соданкюля, г. Соданкюля, Финляндия

<sup>3</sup>Институт Физики Земли РАН, г. Москва

### Аннотация

Исследованы длиннопериодные геомагнитные пульсации Pc5 частотного диапазона в утреннем секторе по данным магнитометров сети IMAGE и станции Баренцбург (арх. Шпицберген) для события 29 апреля 2001 г. Рассматриваемые геомагнитные Pc5 пульсации возбуждались вследствие развития резонанса силовых линий в магнитосфере, поскольку об этом говорит ряд характерных признаков: уменьшение частоты Pc5 пульсаций с увеличением геомагнитной широты, изменение фазы и эллиптичности при переходе через резонансную область. Для исследования проявления геомагнитных Pc5 пульсаций в параметрах ионосферы были использованы данные радара VHF EISCAT в Тромсё, луч которого под углом 30° был направлен на Шпицберген. Таким образом, увеличение высоты вдоль луча сопровождалось увеличением геомагнитной широты. Достаточно четкие Pc5 колебания скорости ионосферной плазмы наблюдались вдоль луча радара в диапазоне 68°-72° геомагнитной широты, что соответствует диапазонам высот 100-410 км. При этом не наблюдалось четких Pc5 колебаний в концентрации ионосферной плазмы, температуре ионов и электронов. Спектральный анализ показывает уменьшение частоты Pc5 колебаний скорости ионосферной плазмы с увеличением геомагнитной широты. Таким образом, показана принципиальная возможность определения широтного профиля резонансной частоты Pc5 пульсаций из фиксированной точки по радарным данным.

### Ключевые слова:

*солнечно-земная физика, ионосфера, магнитосфера, геомагнитные пульсации, арктические широты, радар некогерентного рассеяния.*



### 1. Введение

Геомагнитные Pc5 пульсации представляют собой квазипериодические колебания геомагнитного поля с периодом примерно 3–10 минут, наблюдаемые как на земной поверхности, так и в магнитосфере Земли. По своей физической природе геомагнитные Pc5 пульсации – это

магнитогидродинамические (МГД) волны, пронизывающие все околоземное космическое пространство, которые доносят до земной поверхности информацию о свойствах окружающей Землю плазмы. Среди всего многообразия типов геомагнитных пульсаций Pc5 колебания являются наиболее мощным волновым процессом в магнитосфере Земли: их амплитуда на

\* Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ МК-2015.5.4210, Программы Президиума РАН № 9.

геосинхронной орбите достигает 20–30 % от уровня геомагнитного поля, масштаб Pc5 волны сравним с размером магнитосферы.

Геомагнитные Pc5 пульсации имеют различную поляризацию внутри магнитосферы: полоидальную (колебания выражены в радиальном направлении), тороидальную (колебания выражены в азимутальном направлении), компрессионную (колебания происходят вдоль геомагнитного поля). На земной поверхности наблюдаются, как правило, геомагнитные Pc5 пульсации с тороидальной поляризацией. Максимальная амплитуда геомагнитных Pc5 пульсаций на Земле наблюдается в авроральной зоне.

Основным источником крупномасштабных геомагнитных Pc5 пульсаций, наблюдаемых на земной поверхности, являются возмущения в солнечном ветре, приводящие к резонансу силовых линий (FLR – field line resonance) внутри магнитосферы, когда собственная частота силовой линии совпадает с частотой магнитозвуковой волны [1].

Pc5 пульсации способны заметно модулировать как потоки захваченных энергичных электронов и протонов разных энергий в магнитосфере [2], так и ионосферную плазму [3]. При этом глубина модуляции плотностей магнитосферных частиц и ионосферной плазмы может заметно превосходить глубину модуляции геомагнитного поля. Основным инструментом для исследования геомагнитных пульсаций являются магнитометры. Эффекты взаимодействия магнитосферных волн с ионосферной плазмой могут быть отображены с помощью радаров. Радар позволяет исследовать ионосферу с лучшим пространственным разрешением, чем магнитометр, поскольку магнитометр регистрирует суммарное возмущение от ионосферных токов с площади примерно  $100 \text{ км}^2$ .

Впервые электрические поля, связанные с геомагнитными Pc5 пульсациями, были измерены в работе [4] с помощью радара когерентного рассеяния STARE (Scandinavian Twin Auroral Radar Experiment). Большинство работ по исследованию Pc5 пульсаций в ионосфере выполнено с использованием радаров когерентного рассеяния (например, SuperDARN). Однако данные радаров когерентного рассеяния имеют большие пробелы по времени и пространству. Радары же некогерентного рассеяния (EISCAT) дают непрерывные данные по скорости, концентрации ионосферной плазмы, температуре ионов, электронов. Возможность нагрева ионной компоненты ионосферы Pc5 пульсациями (0.8–8 МГц) была показана с использованием EISCAT в работе [5]. С помощью UHF радара EISCAT была обнаружена модуляция полоидальными ( $m \approx 30$ ) Pc5 пульсациями интегральной ионосферной проводимости [6]. Модуляция утренними геомагнитными Pc5 пульсациями ионной и электронной температур в F-области ионосферы наблюдалась на EISCAT на Шпицбергене [7].

В данной работе исследованы ионосферные проявления крупномасштабных геомагнитных Pc5 пульсаций с помощью радара VHF EISCAT в Тромсё для события 29 апреля 2001 г.

## 2. Данные наблюдений

В работе использованы данные VHF радара некогерентного рассеяния EISCAT (European Incoherent Scatter Scientific Association) в Тромсё, работающего на частоте 224 МГц. Радар позволяет определить скорость  $V_i$ , концентрацию  $N_e$  ионосферной плазмы, температуру ионов  $T_i$ , электронов  $T_e$ . Для наблюдения за геомагнитным полем использованы данные сети магнитометров IMAGE, а также данные станции Полярного геофизического института Баренцбург (BAB) на Шпицбергене. Геомагнитная станция Ловозеро (LOZ) Полярного геофизического института на Кольском полуострове входит в сеть IMAGE. Были использованы данные многолепесткового риометра IRIS в Kilpisjärvi для контроля над потоками высыпающихся в ионосферу электронов. На рис. 1. показана карта расположения наземных станций. В таблице указаны координаты геомагнитных станций. Для контроля над потоками захваченных заряженных частиц в магнитосфере были использованы данные геостационарного спутника LANL-01 (MLT=UT+1.5). Данные о параметрах солнечного ветра брались из базы OMNI.

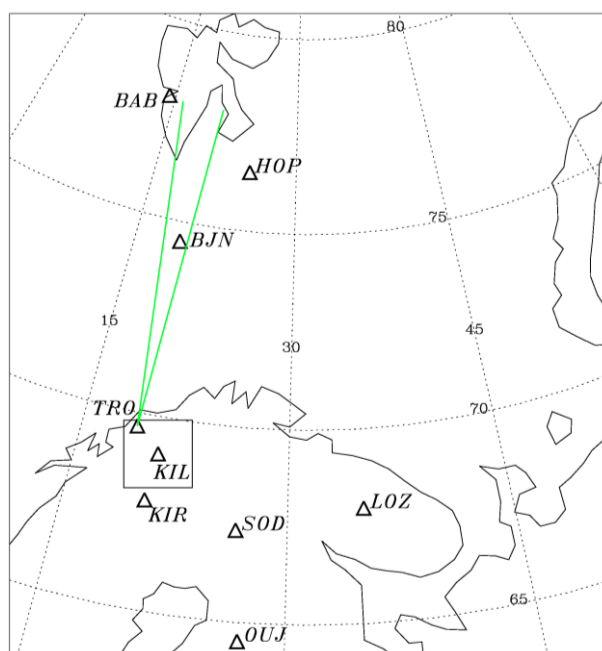


Рис. 1. Карта расположения наземных магнитных станций (треугольники), область регистрации радара VHF EISCAT в Тромсё (зеленые линии), область регистрации многолепесткового риометра IRIS в Килписярви (квадрат) в географической системе координат

Таблица

#### Геомагнитные станции

Станция	IAGA код	Геомагн. широта, °	Геомагн. долгота, °	MLT
Barensburg	BAB	75.35	110.37	UT-2.7
Hopen Island	HOP	73.06	115.10	UT-3
Bear Island	BJN	71.45	108.07	UT-2.6
Tromsø	TRO	66.64	102.90	UT-2.2
Kilpisjärvi	KIL	65.94	103.80	UT-2.3
Kiruna	KIR	64.69	102.64	UT-2.2
Lovozero	LOZ	64.23	114.49	UT-3
Sodankylä	SOD	63.92	107.26	UT-2.5
Oulujärvi	OUI	60.99	106.14	UT-2.5

### 3. Событие 29 апреля 2001 года

#### 3.1. Геофизическая обстановка и параметры межпланетной среды

В работе детально рассмотрено событие 29 апреля 2001 г. По данным базы OMNI, для данного события скорость солнечного ветра вблизи головной ударной волны была достаточно высока и составляла 650 км/с, плотность солнечного ветра –  $6 \text{ см}^{-3}$ . Vz-компонента межпланетного магнитного поля (ММП) была отрицательной – -5 нТл. SYM-H индекс составлял примерно -40 нТл, то есть в исследуемый временной интервал не наблюдалось геомагнитной бури. В период наблюдения Pc5 пульсаций AE-индекс составлял 200–350 нТл – суббуревая активность также была невысокая.

### 3.2. Геомагнитные Pc5 пульсации на Земле

Проанализированы геомагнитные Pc5 пульсации по данным станций сети IMAGE и станции ВAB для события 29 апреля 2001 г. в интервале 05.00–09.00 UT, когда станции располагались в утреннем секторе (08.00–11.00 MLT). На рис. 2. показаны геомагнитные Pc5 пульсации в горизонтальной X-компоненте на меридиональном профиле станций ВAB-HOP-BJN-TRO-SOD-OIJ. Максимальная амплитуда геомагнитных Pc5 пульсаций наблюдалась на станции HOP и составляла около 100 нТл.

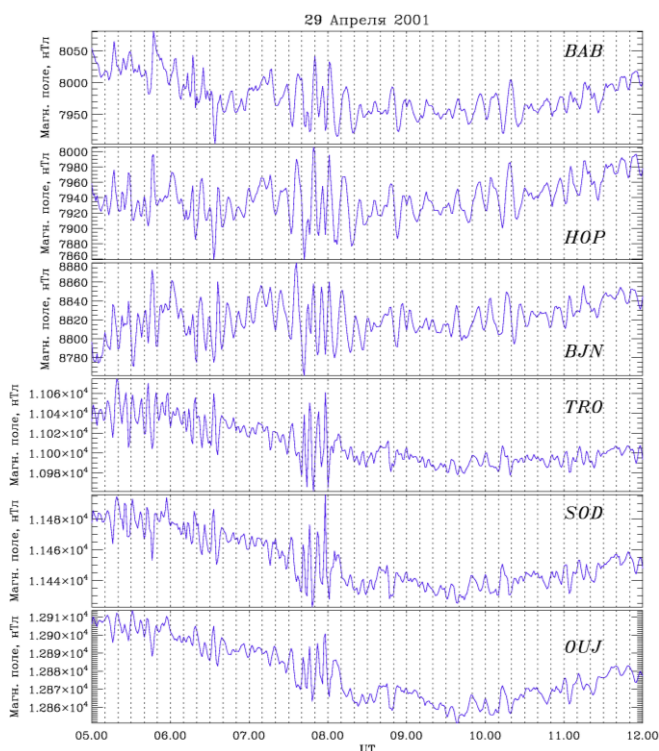


Рис. 2. Геомагнитные Pc5 пульсации в X-компоненте на меридиональном профиле станций

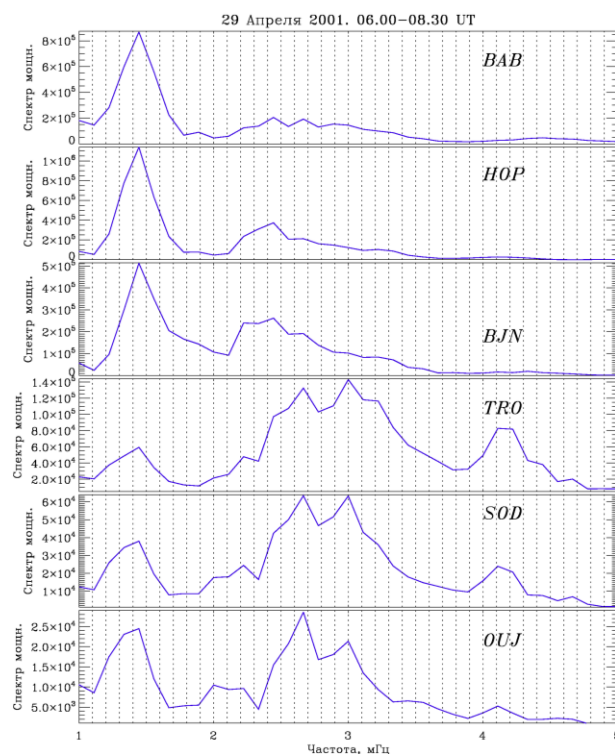


Рис. 3. Спектральная мощность геомагнитных Pc5 пульсаций на меридиональном профиле станций

Результаты спектрального анализа (быстрое преобразование Фурье) для меридионального профиля геомагнитных станций в интервале 06.00–08.30 UT представлены на рис. 3. Видно, что с увеличением геомагнитной широты наблюдается уменьшение частоты Pc5 пульсаций. На станции TRO наблюдались пики на частотах  $\sim 2.7, 3.0$  МГц, а на станциях BJN, HOP, ВAB наблюдался пик на частоте  $\sim 1.45$  МГц. Пик на частоте 1.45 МГц наблюдался и на станции TRO, но он имел заметно меньшую амплитуду, чем пик на частотах 2.7, 3.0 МГц. Резкое изменение частоты Pc5 пульсаций связано с тем, что станции TRO и BJN разнесены почти на  $5^\circ$  геомагнитной широты. Увеличение периода Pc5 пульсаций с увеличением геомагнитной широты станций можно увидеть и из визуального просмотра магнитограмм. Уменьшение частоты геомагнитных Pc5 пульсаций с увеличением геомагнитной широты является проявлением резонансных свойств магнитосферы. Поскольку станции, находящейся на более высоких широтах, соответствует большая длина силовой линии, чем станции, находящейся на более низких широтах. При проекции в магнитосферу эти силовые линии формируют резонансную область, где частота приходящей от магнитопаузы магнитозвуковой волны совпадает с собственной частотой силовой линии. Период альвеновских колебаний  $T$  зависит от длины силовой линии и альвеновской скорости  $V_a$ :  $T = \int V_a^{-1} dS$ , где  $S$  – длина силовой линии;

$V_a$  – альвеновская скорость. Альвеновская скорость определяется выражением:  $V_a = B / \sqrt{\mu_0 \rho}$ , где  $B$  – модуль геомагнитного поля,  $\rho$  – плотность плазмы. Таким образом, с увеличением длины силовой линии при относительно постоянной  $V_a$  будет наблюдаться увеличение периода геомагнитных Pc5 пульсаций с увеличением геомагнитной широты.

При детальном анализе также наблюдается фазовое распространение геомагнитных Pc5 пульсаций с более низких широт к более высоким широтам, что также свидетельствует о резонансной структуре поля колебаний.

Изменение фазы геомагнитных Pc5 пульсаций с изменением геомагнитной широты показано на рис. 4. В случае возбуждения колебаний в результате развития резонанса происходит изменение фазы колебаний на  $\pi$  при переходе через резонансную область. В районе  $68^\circ$  геомагнитной широты происходит резкое изменение знака разности фаз геомагнитных Pc5 пульсаций. По-видимому, здесь находится резонансная область. Резонансная частота на этом временном промежутке находится примерно в диапазоне 2–3 мГц (рис. 4).

Важной поляризационной характеристикой волновых процессов является эллиптичность – отношение малой к большой оси эллипса поляризации. Если эллиптичность  $\varepsilon=1$ , то колебания имеют круговую поляризацию. Если  $\varepsilon=0$ , то эллипс поляризации вырождается в прямую линию. Знак  $\varepsilon$  определяет направление вращения эллипса поляризации. Изменение эллиптичности для горизонтальных X- и Y-компонент геомагнитного поля с геомагнитной широтой показано на рис. 5. Видно, что резкое изменение знака эллиптичности на резонансной частоте, то есть изменение направления вращения эллипса поляризации, наблюдается в районе  $68^\circ$ , т.е. примерно в той же области, что и смена разности фаз геомагнитных Pc5 пульсаций. Данный факт также подтверждает резонансную природу рассматриваемых колебаний.

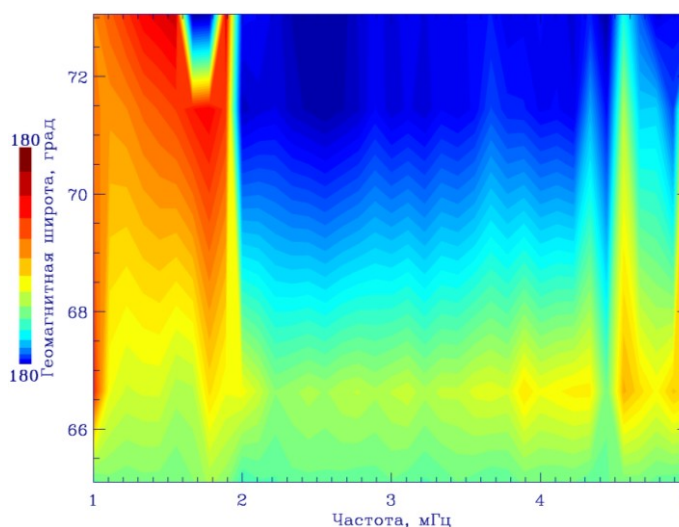


Рис. 4. Изменение фазы [град] геомагнитных Pc5 пульсаций в зависимости от геомагнитной широты

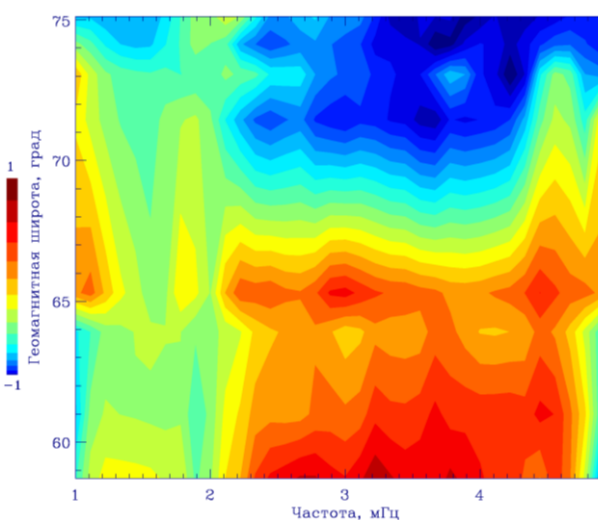


Рис. 5. Изменение эллиптичности геомагнитных Pc5 пульсаций в зависимости от геомагнитной широты

Было определено азимутальное волновое число  $m$ , которое показывает, какое количество длин волн укладывается в  $1^\circ$  геомагнитной долготы. Азимутальное волновое число  $m$  было определено с использованием азимутальной пары геомагнитных станций KIR-LOZ. Для этого использован метод кросс-корреляции. Азимутальное волновое число определялось по формуле  $m=f \cdot \Delta t \cdot 360^\circ / \Delta \lambda$ , где  $f$  – частота пульсаций, определяемая из спектрального анализа;  $\Delta t$  – сдвиг по времени, соответствующий максимуму коэффициента корреляции;  $\Delta \lambda$  – расстояние в градусах между азимутальной парой станций KIR-LOZ ( $\Delta \lambda=11.85^\circ$ ). В интервале времени 06.00–08.30 UT

геомагнитные Pc5 пульсации на станциях KIR-LOZ осциллировали на частоте примерно  $f=3.2$  мГц. Для этого временного интервала между станциями KIR-LOZ наблюдался сдвиг по времени, соответствующий максимуму коэффициента корреляции,  $\Delta t=40$  секунд ( $r=0.92$ ). Следовательно, разность фаз составила  $\Delta\varphi=46.08^\circ$ , азимутальное волновое число  $m=3.86$ . Из значения фазового сдвига между геомагнитными Pc5 пульсациями, наблюдаемыми на станциях KIR-LOZ, получается, что рассматриваемые геомагнитные Pc5 пульсации распространялись в антисолнечном направлении. То есть источник данных колебаний, по всей видимости, находится в солнечном ветре. Значению азимутального волнового числа ( $m=3.86$ ), определенного из геомагнитных данных, соответствуют крупномасштабные геомагнитные Pc5 пульсации с тороидальной поляризацией в магнитосфере Земли.

### 3.3. Наблюдения на радаре VHF EISCAT в Тромсё

Для рассматриваемого события луч радара VHF радара EISCAT в TRO наклонен под углом  $30^\circ$  и направлен на Шпицберген. Поэтому увеличение высоты вдоль луча радара связано с увеличением геомагнитной широты зондируемой области ионосферы. VHF радар в TRO дает данные по следующим ионосферным параметрам: скорость, концентрация, температура ионов и электронов. VHF радар EISCAT дает качественные данные по скорости начиная с высоты  $\sim 100$  км и до высоты  $\sim 500$  км. Высокая проводимость ионосферной плазмы вдоль магнитных силовых линий приводит к тому, что электрическое поле передается с одного уровня ионосферы на другой, практически не изменяясь по величине.

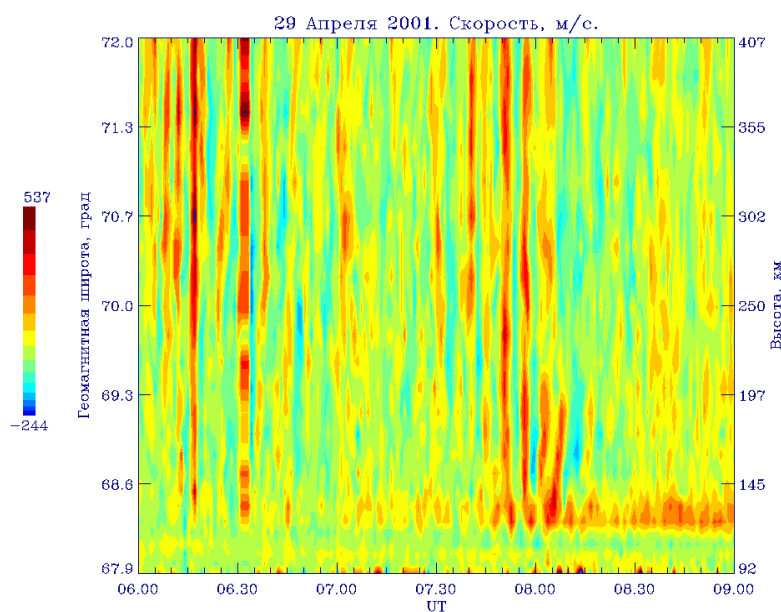


Рис. 6. Pc5 колебания скорости [м/с] ионосферной плазмы по данным VHF радара EISCAT

Скорость ионосферной плазмы [м/с] вдоль луча по данным VHF радара EISCAT в зависимости от высоты (геомагнитной широты) показана на рис. 6. Значения высоты получены из значений расстояния вдоль луча, зная угол наклона луча к горизонту. Далее из значений высоты были получены значения геомагнитной широты. Рассчитанная спектральная мощность скорости  $V_i$  ионосферной плазмы в зависимости от геомагнитной широты (высоты) показана на рис. 7. Видно, что начиная примерно с высоты 160 км начинается плавное уменьшение частоты пульсаций в скорости с 2.8 до 2.2 мГц. Уменьшение частоты Pc5 колебаний скорости  $V_i$  ионосферной плазмы с увеличением геомагнитной широты также вызвано резонансными свойствами магнитосферы. Область регистрации радара находится выше области резонанса, которая видна в геомагнитных данных.

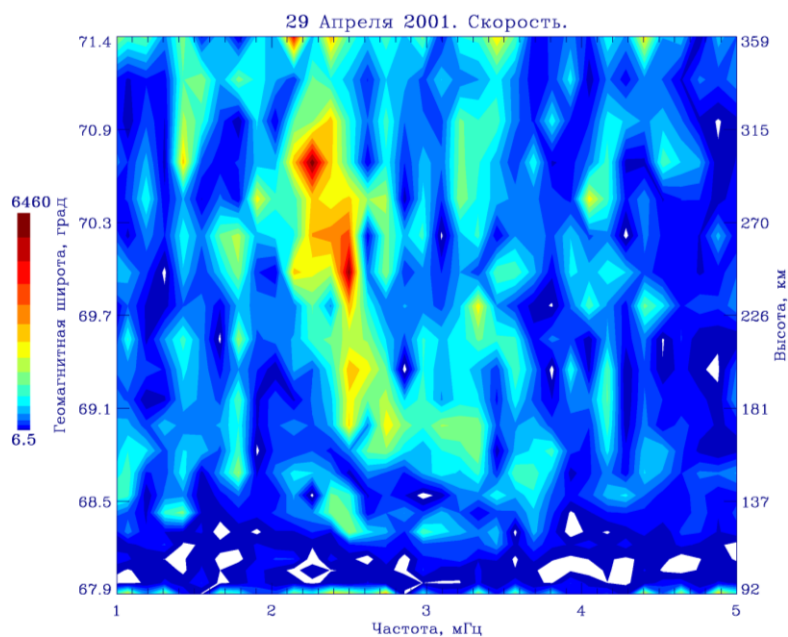


Рис. 7. Спектральная мощность [ $\text{nTl}^2/\text{MHz}$ ] Pc5 колебаний скорости ионосферной плазмы по данным VHF радара EISCAT в зависимости от геомагнитной широты

Слабые Pc5 колебания концентрации  $N_e$  ионосферной плазмы наблюдались только в интервале высот примерно 97–114 км ( $\sim 68^\circ$ ) по данным VHF радара EISCAT [не показано]. Поэтому не удалось проследить широтную структуру данных осцилляций. В данных по температуре ионов  $T_i$  и электронов  $T_e$  (не показаны) также не удалось пронаблюдать четких Pc5 колебаний для различных широт, как в скорости плазмы. Возможно, это связано с сильной зашумленностью данных радара.

### 3.4. Геомагнитные Pc5 пульсации и пульсации в потоках заряженных частиц

Обнаружено, что геомагнитные Pc5 пульсации сопровождались одновременными Pc5 пульсациями небольшой амплитуды (0.2–0.3 дБ) с той же частотой в риометрическом поглощении по данным многолепесткового риометра IRIS в Kilpisjarvi (рис. 8.), что свидетельствует о модуляции потоков высыпающихся электронов с энергиями примерно 30–50 кэВ МГД колебаниями. Область регистрации риометра IRIS находится ниже области регистрации радара VHF EISCAT (рис. 1.). Риометр регистрирует увеличение поглощения космического радиоизлучения, вызванного высыпанием в ионосферу энергичных электронов на высотах 60–80 км, что ниже области регистрации радара EISCAT ( $>100$  км). Видимо, модуляция потоков заряженных электронов геомагнитными Pc5 пульсациями происходит в ограниченной области по широте. Именно этим можно объяснить отсутствие Pc5 колебаний концентрации  $N_e$  ионосферной плазмы по данным радара VHF EISCAT выше примерно  $68^\circ$  геомагнитной широты. Также наблюдались Pc5 пульсации с той же частотой в потоках электронов с энергией 50–75 кэВ по данным геостационарного спутника LANL-01 [не показано], что свидетельствует о модуляции потоков захваченных электронов геомагнитными Pc5 пульсациями.

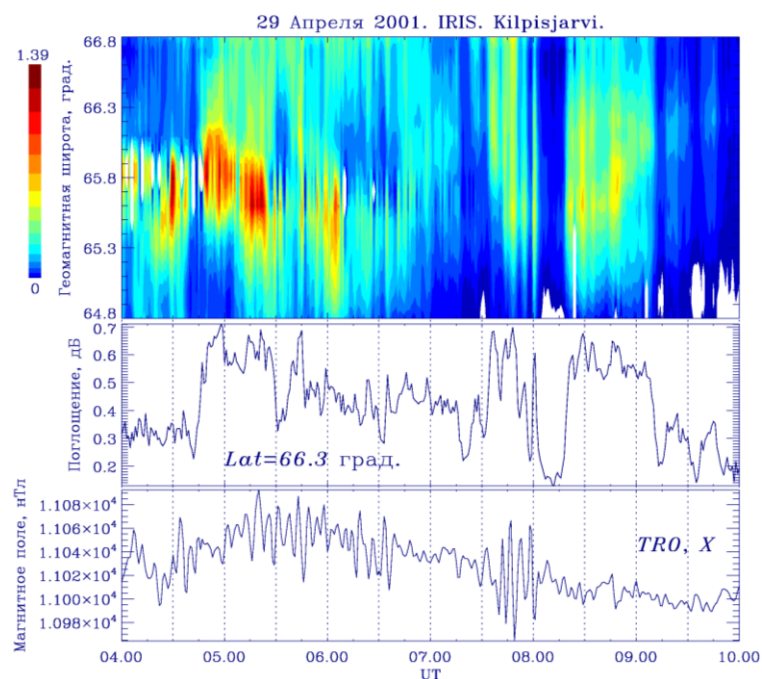


Рис. 8. Поглощение космического радиоизлучения [дБ] по данным многолепесткового риометра IRIS в Килписъярви, широтный разрез вариаций риометрического поглощения по данным риометра IRIS, вариации X-компоненты геомагнитного поля на станции TRO

#### 4. Обсуждение

Широтная амплитудно-фазовая структура геомагнитных Pc5 пульсаций (уменьшение частоты с увеличением геомагнитной широты, изменение фазы, эллиптичности) указывает на их резонансную природу – возбуждение локальных альвеновских колебаний силовой линии внешним гармоническим источником. Рассматриваемые геомагнитные Pc5 пульсации, по-видимому, генерировались вследствие развития неустойчивости Кельвина – Гельмгольца на утреннем фланге магнитопаузы при высокой скорости солнечного ветра, дальнейшем распространении быстрой магнитозвуковой волны вглубь магнитосферы и возбуждении резонанса силовых линий (field line resonance) на отдельных L-оболочках.

Рассматриваемые геомагнитные пульсации являются крупномасштабными, поскольку для них характерны небольшие азимутальные волновые числа ( $m \approx 3.86$ ). Поэтому, по всей видимости, они имеют тороидальную поляризацию в магнитосфере. При распространении альвеновской волны через ионосферу должен происходить поворот эллипса поляризации на  $90^\circ$ , то есть наиболее выраженная в резонансных колебаниях в магнитосфере азимутальная компонента поля  $B_n$  на земной поверхности будет наблюдаться как меридиональная (северо-южная) X-компонента. В резонансной области широтный профиль амплитуды X-компоненты испытывает резкое локальное усиление и скачок фазы, достигающий до  $\sim \pi$  при переходе через широтный максимум, что согласуется с нашими наблюдениями.

Были обнаружены Pc5 колебания скорости  $V_i$  ионосферной плазмы вдоль луча радара EISCAT примерно в интервале высот 90–410 км при наклоне луча радара под углом  $30^\circ$  к горизонту. Обнаружено уменьшение Pc5 колебаний скорости ионосферной плазмы с увеличением геомагнитной широты аналогично одновременно наблюдаемым геомагнитным Pc5 пульсациям. Таким образом, по данным VHF радара EISCAT в TRO обнаружено проявление резонансных свойств магнитосферы в осцилляциях скорости  $V_i$  ионосферной плазмы. Тем самым показана принципиальная возможность по радарным наклонным измерениям из фиксированной точки восстановить широтное распределение резонансных частот



магнитосферы. Пульсации в концентрации ионосферной плазмы  $Ne$  наблюдались только в ограниченной области по широте, поэтому не удалось проследить широтную структуру данных осцилляций.

Ранее было исследовано проявление резонансных свойств УНЧ колебаний в ионосферных параметрах для ночного сектора (01.00–04.00 MLT) с использованием радара SuperDARN в Goose Bay [8]. Однако данные пульсации следует отнести к  $Pi3$  типу, поскольку они наблюдаются в ночном секторе и связаны с суббурей. К тому же, в данной работе геомагнитные данные не были использованы. Поэтому остается не ясным, связаны ли данные флуктуации скорости ионосферной плазмы с геомагнитными пульсациями или просто представляют собой ионосферные вариации.

## 5. Вывод

Таким образом, показана принципиальная возможность определения широтного профиля резонансной частоты магнитосферных  $Pc5$  пульсаций с использованием данных наклонного луча VHF радара некогерентного рассеяния EISCAT в Тромсё.

## Благодарности

Выражаем благодарность коллективу EISCAT за предоставленные данные, а также Финскому метеорологическому институту за предоставленные данные сети магнитометров IMAGE, университету Ланкастер за предоставленные данные многолепесткового риометра IRIS.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Southwood D.J. Some features of field line resonances in the magnetosphere // *Planet. Space Sci.* 1974. Vol. 22, № 3. P. 483–491.
2. Observations at geosynchronous orbit of a persistent  $Pc5$  geomagnetic pulsation and energetic electron flux modulations / T.E. Sarris, T.M. Anu Loto, X. Li, H.J. Singer // *Ann. Geophys.* 2007. Vol. 25. P. 1653–1667.
3. ULF wave modulation of the ionospheric parameters: Radar and magnetometer observations / V. Pilipenko, V. Belakhovsky, A. Kozlovsky, E. Fedorov, K. Kauristie // *J. Atmosph. Solar-Terr. Phys.* 2014. Vol. 108. P. 68–76.
4. Stare auroral radar observations of  $Pc5$  geomagnetic pulsations / A.D.M. Walker, R.A. Greenwald, W.F. Stuart, C.A. Green // *J. Geophys. Res.* 1979. Vol. 84, № A7. P. 3373–3388.
5. Lathuillere C., Glangeaud F., Zhao Z.Y. Ionospheric ion heating by ULF  $Pc5$  magnetic pulsations // *J. Geophys. Res.* 1986. Vol. 91. P. 1619–1626.
6. Buchert S.C., Fujii R., Glassmeier K.-H. Ionospheric conductivity modulation in ULF pulsations // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 104, № A5. 10119–10133.
7. Pitout F., Eglitis P., Blelly P.-L. High-latitude dayside ionosphere response to  $Pc5$  field line resonance // *Ann. Geophys.* 2003. Vol. 21, №7, P. 1509–1520.
8. Spatial and temporal behavior of ULF pulsations observed by the Goose Bay HF radar / A.D.M. Walker, J.M. Ruohoniemi, K.B. Baker, R.A. Greenwald, J.C. Samson // *J. Geophys. Res.* 1992. Vol. 97, № A8. P. 12187–12202. doi:10.1029/92JA00329.

## Сведения об авторах

Белаховский Владимир Борисович – к.ф.-м.н., научный сотрудник Полярного геофизического института КНЦ РАН; e-mail: belakhov@mail.ru

Козловский Александр Евгеньевич – к.ф.-м.н., PhD, Adjunct Professor Геофизической обсерватории Соданкюля; e-mail: alexander.kozlovsky@oulu.fi

Пилипенко Вячеслав Анатольевич – д.ф.-м.н., профессор, зав. лабораторией ИФЗ РАН; e-mail: pilipenko\_va@mail.ru

УДК (574.583+591.524.12) (268.45)

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗИМНЕГО ЗООПЛАНКТОНА В ПЕЧОРСКОМ МОРЕ

**В.Г. Дворецкий**

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

### Аннотация

Проведен анализ состояния зоопланктонного сообщества в Печорском море в начале зимнего периода 2010 г. В пробах выявлено 29 таксонов. Общая численность изменялась от 931 до 4360 экз/м<sup>3</sup>, составляя в среднем 1810±354 экз/м<sup>3</sup>. Биомасса варьировала в интервале 25–401 мг сырой массы/м<sup>3</sup>, средняя величина равнялась 94±41 мг/м<sup>3</sup>. По обилию преобладали веслоногие ракообразные, среди которых доминировали *Pseudocalanus* spp., *Oithona similis*, *Temora longicornis* и *Acartia longiremis*. Прослеживалась тенденция повышения доли типичных морских видов от южной части исследованной акватории к северной. Численность и биомасса зоопланктона были прямо связаны со средней температурой воды, соленостью и глубиной отбора проб, а также обратно – со временем отбора проб. Станции характеризовались высокой степенью сходства по таксономическому составу, при этом они существенно отличались друг от друга по численности и биомассе зоопланктона.

### Ключевые слова:

зоопланктон, структура сообществ, Баренцево море.



### Введение

Пелагические экосистемы Баренцева моря – объект пристального внимания на протяжении уже более 100 лет. Подобный интерес обусловлен высокой биологической продуктивностью этого моря [1]. Рыбный промысел в нем – важнейшая часть экономики не только Мурманской обл., но и Российской Федерации.

Зоопланктон представляет собой один из ключевых элементов биоты Баренцева моря, он обеспечивает передачу энергии от первичных продуцентов на более высокие трофические уровни. Именно зоопланктон служит важнейшим кормовым ресурсом для пелагических рыб указанного моря, в первую очередь для мойвы и сельди, а также он потребляется личинками многих видов рыб, включая треску и пикшу [2].

Несмотря на значительные успехи в изучении зоопланктонных сообществ Баренцева моря [3–22], многие вопросы остаются малоизученными. В частности, это относится к сезонной динамике зоопланктона. Основной массив данных получен для летнего периода [3–13, 15–22], также имеются сведения для весеннего и осеннего периодов [5, 7, 21] и практически нет информации для зимнего сезона [14]. Особо следует подчеркнуть и разную географическую исследованность зоопланктона – большая часть материала относится к южному, юго-западному и западному районам [3–5, 7–11, 14, 18, 21]. Довольно редки сведения для северного и восточного районов [12, 13, 16, 17, 20, 22]. Печорское море – уникальная акватория, расположенная на юго-востоке Баренцева моря. В качестве ее специфической особенности следует указать значительное влияние пресноводного стока р. Печора.

Цель работы – анализ состояния зоопланктонного сообщества Печорского моря в начале зимнего периода.

**Материал и методы**

В качестве орудия лова использовали сеть Джели (диаметр входного отверстия 37 см, размер ячеи фильтрующего полотна 168 мкм). Отбор проб проводили в слое от дна до поверхности. Для вертикального лова зоопланктона в судовых условиях применялась гидрологическая лебедка, снабженная блок-счетчиком длины вытравливаемого троса. На берегу в лабораторных условиях осуществляли обработку проб. Камеральная обработка проб проводилась по стандартным методикам [23]. Видовой и возрастной состав массовых форм зоопланктона (копеподы, эвфаузииды, гиперииды, хетогнаты, медузы и гребневтики) устанавливали с использованием соответствующих определителей. Организмы идентифицировались до класса, рода и по возможности до вида. Результаты количественного анализа трех подпроб осредняли и пересчитывали в экз/м<sup>3</sup> с учетом объема профильтрованной воды. Сырую биомассу отдельных видов и суммарную биомассу рассчитывали при помощи номограмм, а также используя таблицы весов морских гидробионтов и размерно-весовые зависимости. Подробное описание методики приведено ранее [6, 13, 16–18].

Сходство отдельных станций по таксономическому составу, численности и биомассе оценивали с помощью индексов Брэя – Куртиса. Для оценки сходства по численности, биомассе и таксономическому богатству применяли кластерный анализ (метод групповых средних).

Для расчета показателей биологического разнообразия зоопланктонных сообществ использовали индексы Маргалефа, Шеннона, выравненность Пиелу и меру доминирования Симпсона. Наличие связи между океанологическими факторами, временем отбора проб, глубиной станций и количественными показателями зоопланктона (численность и биомасса) выявляли при помощи регрессионного анализа. Средние величины представляли с ошибкой среднего.

**Результаты и обсуждение**

В ноябре на акватории Печорского моря найдено 29 таксонов пелагических зоопланктонных организмов. Количество таксонов на станциях варьировало от 14 до 23. Максимальное количество таксонов отмечено на ст. 3р, минимальное – на ст. 7р. Общая численность зоопланктона изменялась в диапазоне от 931 до 4360 экз/м<sup>3</sup>, составляя в среднем 1810±354 экз/м<sup>3</sup> (рис. 1, табл. 1). Показатели биомассы менялись в интервале 25–401 мг/м<sup>3</sup>, средняя величина равнялась 94±41 мг/м<sup>3</sup> (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1

Численность и биомасса зоопланктона в Печорском море в ноябре 2010 г.

Станция	Показатели	
	Численность, экз/м <sup>3</sup>	Биомасса, мг/м <sup>3</sup>
1р	1373	32
2р	2613	159
3р	4360	401
4р	1669	57
5р	1284	26
6р	1311	25
7р	931	31
8р	1369	57
9р	1375	54

На всех станциях преобладали представители веслоногих ракообразных. На акватории Печорского моря они составляли 60.4–94.2 % (в среднем 80.9±4.1 %) общей численности зоопланктона. По биомассе также доминировали копеподы, давая 61.6–95.4 % (80.9±4.2 %)

суммарной биомассы, на долю гребневиков, птеропод, аппендикулярий и щетинкочелюстных приходилось в среднем  $16.0 \pm 7.6$  %. Относительный вклад отдельных групп зоопланктона для всех исследованных станций в Печорском море показан на рис. 2.

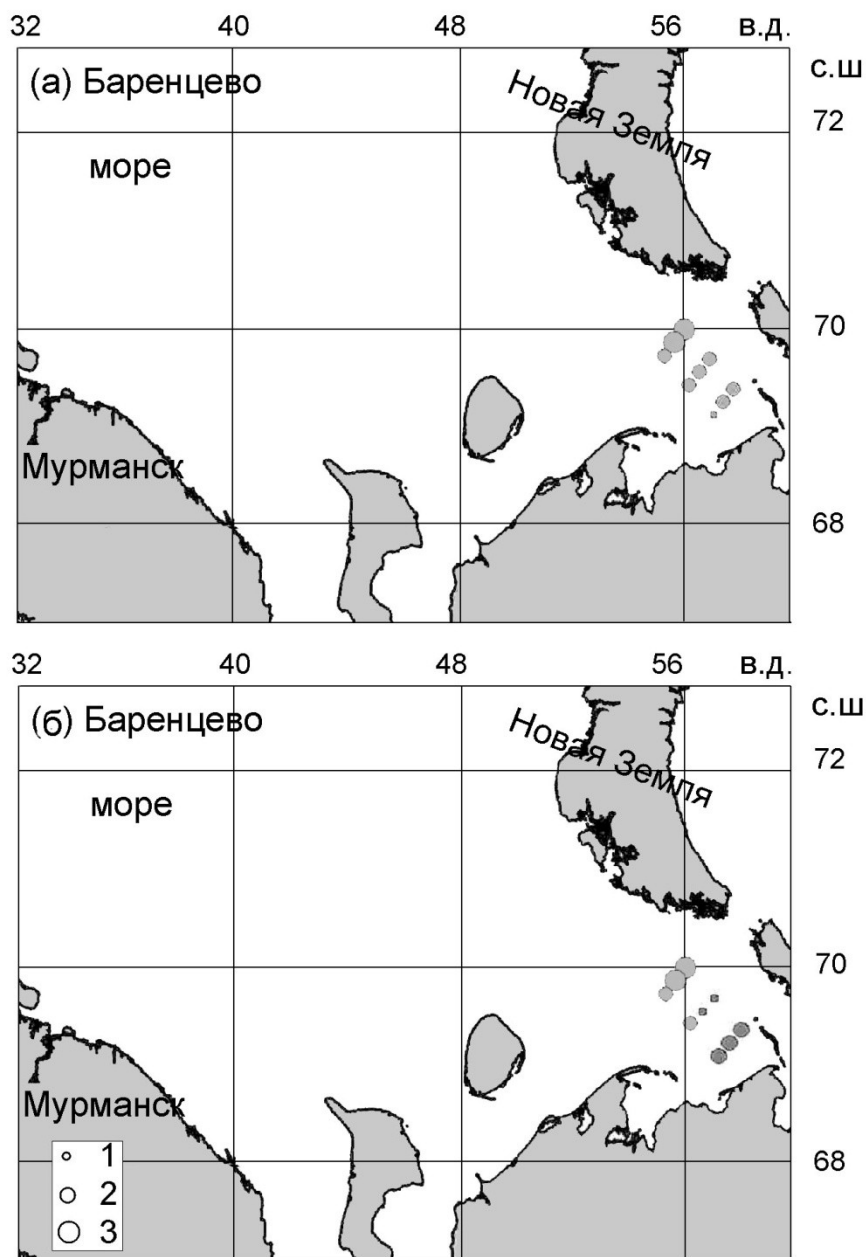


Рис. 1. Пространственное распределение численности (а) и биомассы (б) зоопланктона в Печорском море в ноябре 2010 г. Численность (экз/м<sup>3</sup>):

1 – <1000; 2 – 1000–2000; 3 – >2000. Биомасса (мг/м<sup>3</sup>): 1 – <30; 2 – 30–100; 3 – >100

Доминирующая группа по обилию на семи станциях – копеподы, среди которых преобладали *Pseudocalanus* spp., *Oithona similis*, *Temora longicornis* и *Acartia longiremis*, вклад этих зоопланктеров в суммарную численность и биомассу представлен в табл. 2. На станции 7р по численности лидирующее положение занимали личинки двустворчатых моллюсков (21.6 %).

На станции 2р в роли доминантов выступали ювенильные стадии крылоногих моллюсков *Limacina helicina* (28.5%). По биомассе преобладали *Pseudocalanus* spp., *Oithona similis* и *Calanus finmarchicus* (табл. 2), среди других групп – *Parasagitta elegans*, *Limacina helicina*, *Oikopleura vanhoeffeni*.

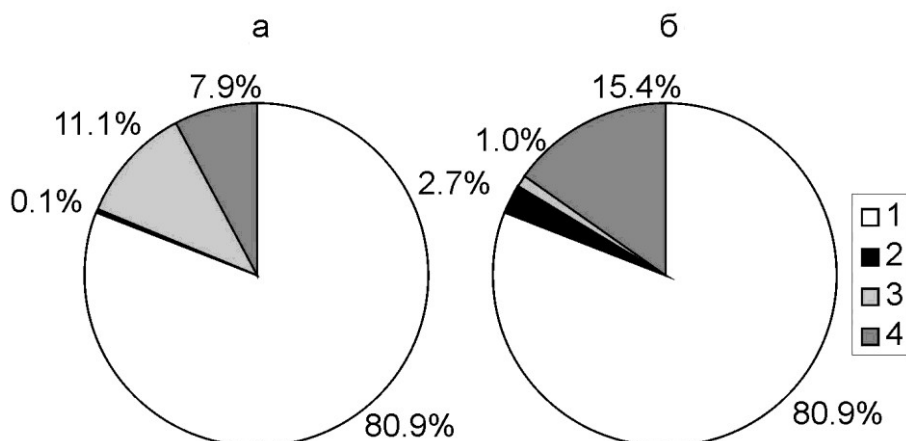


Рис. 2. Структура численности (а) и биомассы (б) зоопланктона в Печорском море в ноябре 2010 г.: 1 – веслоногие ракообразные; 2 – гребневики; 3 – меропланктон; 4 – прочие

Таблица 2

Средняя доля (%) различных массовых видов веслоногих ракообразных в обилии и биомассе зоопланктона в Печорском море в ноябре 2010 г.

Таксон	Численность		Биомасса	
	Min–max	Ср.±SE	Min–max	Ср.±SE
<i>Acartia longiremis</i>	1.4–10.7	5.1±1.1	0.4–12.1	3.9±1.3
<i>Centropages hamatus</i>	0.0–4.7	1.0±0.5	0.0–4.6	2.1±0.6
<i>Oithona similis</i>	16.2–51.2	28.8±3.5	0.4–34.7	12.9±3.5
<i>Pseudocalanus</i> spp.	20.5–53.9	33.5±4.4	1.7–77.2	36.3±8.2
<i>Temora longicornis</i>	5.5–18.9	11.3±1.4	1.0–19.1	10.2±2.0
<i>Calanus finmarchicus</i>	0.0–2.1	0.6±0.3	0.0–41.9	14.4±5.0

Четко прослеживалась тенденция повышения доли типичных морских видов от южной части исследованной акватории к северной. В частности, возросла доля *C. finmarchicus*, обилие которого на ст. 6р–8р не превышало 1.1 экз/м<sup>3</sup>, тогда как на ст. 1р–3р его численность достигала 480.5 экз/м<sup>3</sup>. Аналогичные тенденции изменения обилия отмечены и для других видов (*O. similis* и *Pseudocalanus* spp.), которые характерны для районов с соленостью более 32 ‰. В других группах (гребневики, щетинкочелюстные, птероподы) прослеживались сходные тенденции.

Отмеченное таксономическое богатство зоопланктона в целом можно признать типичным для юго-восточной части Баренцева моря [2, 13, 17, 24].

Подобное распределение взрослых и копепоидных стадий веслоногих рачков и других таксономических групп зоопланктона во многом связано с градиентами гидрологических факторов – температуры воды, которая варьировала от 1.46 °С в самом южном районе до 2.74 °С в самом северном, и солености, которая изменялась от 32.01 ‰ на юге до 33.54 ‰ на севере. Таким образом, пространственную неоднородность распределения зоопланктона можно связать с изменчивостью гидрологического режима Печорского моря, что отмечалось в более ранних

исследованиях [17, 25]. В пределах исследованной акватории гидрологические показатели существенно варьируют, обуславливая мозаичность в распределении планктона.

Среди других важных факторов, определяющих распределение зоопланктона в Печорском море, следует отметить батиметрические особенности акватории. Южный район был наименее мелководным, здесь количество зоопланктона минимально, в широтном направлении обилие и биомасса повышались, на севере соответственно в 4 и 13 раз выше, чем на юге. Определенную роль играет и речной сток, в прибрежье доля эстуарных видов выше, чем в открытом море. Вместе с тем, отсутствие пресноводных форм, характерных для Печорского залива, свидетельствует в целом о низком влиянии речных вод на зоопланктон исследованной акватории. Сравнение состава и количественных показателей зоопланктона, отмеченных в ноябре 2010 г., показало их хорошее соответствие с опубликованными ранее данными [17, 19, 24–26]. Таким образом, описанное состояние зоопланктонного сообщества можно оценить как типичное для пелагической экосистемы юго-восточной части Баренцева моря.

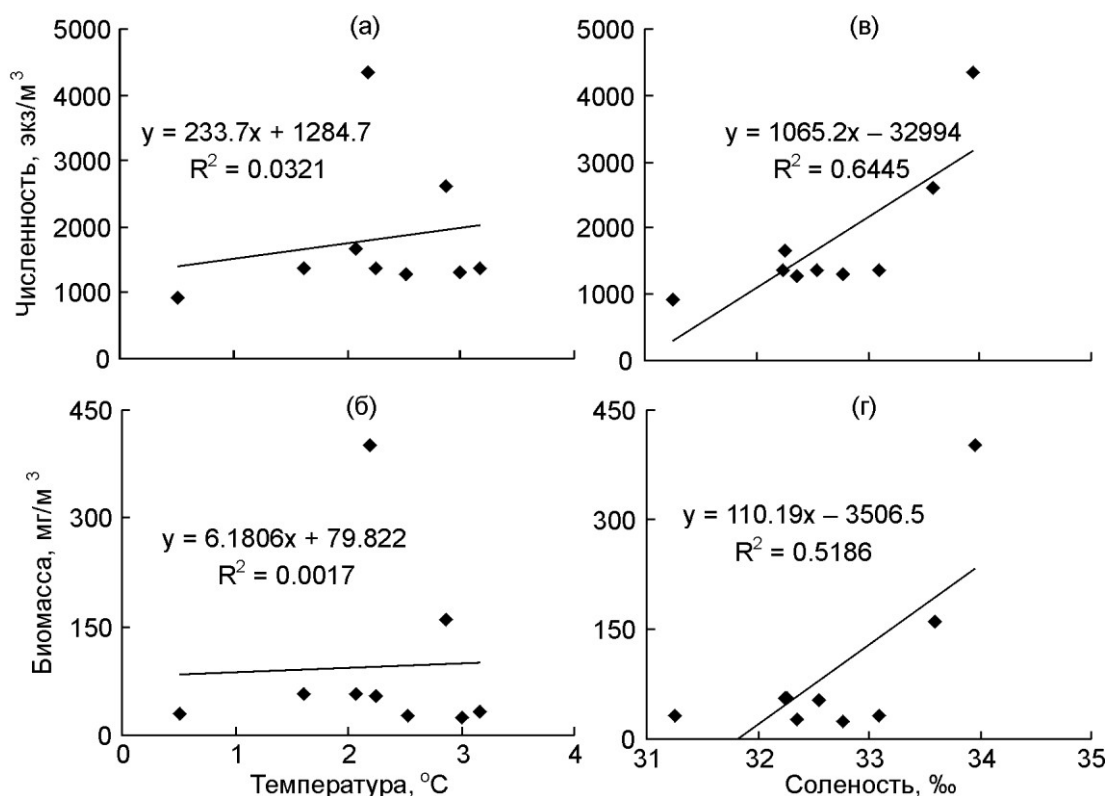


Рис. 3. Связь численности (экз/м<sup>3</sup>) и биомассы зоопланктона (мг/м<sup>3</sup>) со средней температурой (а, б) и соленостью воды (в, г) в Печорском море в ноябре 2010 г.

Согласно результатам регрессионного анализа, численность и биомасса зоопланктона положительно связаны со средней температурой и соленостью водного слоя, в котором проводили лов зоопланктона. При этом в случае солености эта прямая зависимость статистически значима ( $p < 0.05$ ) (рис. 3). Найденные корреляции в целом следует признать типичными для баренцевоморского зоопланктона. Подобные связи неоднократно регистрировали в прибрежных водах Восточного Мурмана и Печорском море [2, 7, 18, 20, 25–27], их наличие еще раз подтверждает, что именно соленость выступает основным фактором, определяющим пространственную неоднородность зоопланктона в юго-восточной части Баренцева моря.

Анализ количественных показателей распределения зоопланктона показал наличие тесной прямой связи ( $p < 0.001$ ) обилия и биомассы зоопланктона с глубиной моря (рис. 4), что можно объяснить батиметрическими характеристиками акватории. Ранее для многих шельфовых районов Мирового океана было показано постепенное возрастание концентрации зоопланктона при движении от берега в сторону открытого моря [28], аналогичную картину регистрировали и в южной части Баренцева моря [25]. Кроме того, количественные показатели зоопланктона связаны со временем отбора (рис. 4). В прибрежье, где основу зоопланктона составляют мелкие эврифаги, активные на протяжении всего года, характерны вертикальные миграции этих видов независимо от фотопериода [28].

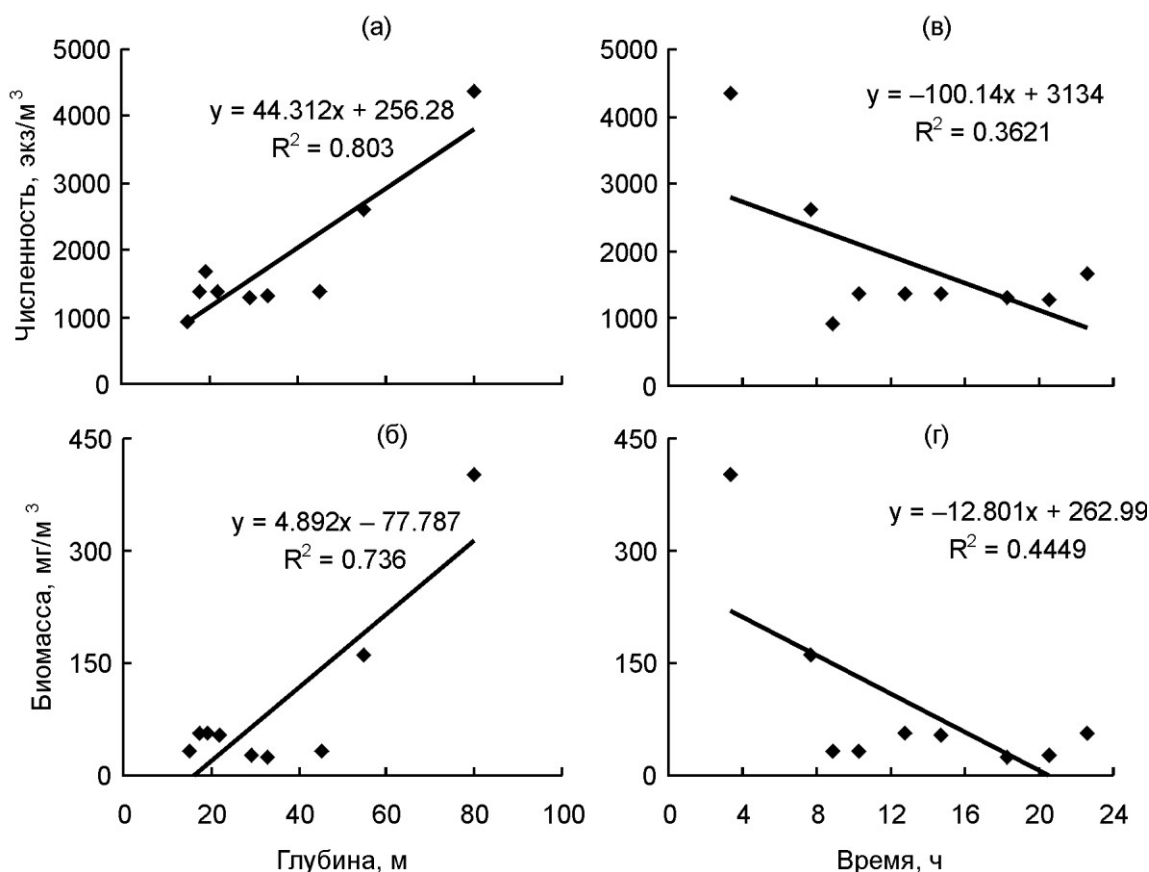


Рис. 4. Связь численности (экз/м<sup>3</sup>) и биомассы зоопланктона (мг/м<sup>3</sup>) с глубиной станций (а, б) и временем отбора проб (в, г) в Печорском море в ноябре 2010 г.

Полученный результат, скорее всего, объясняется тем, что станции располагаются вдоль оси градиента факторов среды, к тому же пробы отбирались на станциях, которые сильно отличаются по глубине, о чем уже упоминалось ранее.

Индексы разнообразия сообщества зоопланктона, рассчитанные по обилию видов, показаны в табл. 3.

Из приведенных показателей наибольшей репрезентативностью обладает индекс Шеннона. Основной вывод, который следует из анализа биоразнообразия сообщества зоопланктона, заключается в том, что зоопланктоценоз исследованной акватории Печорского моря в ноябре 2010 г. характеризовался высокой степенью сложности. Данный результат вполне ожидаем, он соответствует основным представлениям о сезонной динамике биологического разнообразия зоопланктона в прибрежных районах Баренцева моря [29]. Также отметим, что ранее было

показано, – зимние сообщества Баренцева моря мало уступают летним по показателям биологического разнообразия [8].

Таблица 3

Показатели биоразнообразия в Печорском море в ноябре 2010 г.,  
рассчитанные по численности зоопланктонных организмов

Станция	Dmg	E	H'	D
1р	2.22	0.62	2.52	0.25
2р	2.29	0.67	2.83	0.18
3р	2.63	0.73	3.31	0.14
4р	2.16	0.64	2.62	0.20
5р	2.38	0.54	2.24	0.32
6р	2.37	0.61	2.53	0.23
7р	1.90	0.80	3.06	0.14
8р	2.22	0.70	2.84	0.18
9р	2.21	0.68	2.77	0.18

Примечание. D mg – индекс Маргалефа; E – выравненность Пиелу; H' – индекс Шеннона; D – мера доминирования Симпсона.

Оценка степени сходства станций по таксономическому составу зоопланктона выявила, что станции, расположенные в Печорском море, тесно связаны друг с другом. Во всех случаях коэффициенты Брэя – Куртиса превышают 60 % (рис. 5). Наиболее близки между собой ст. 4р–8р, расположенные в южной и центральной частях юго-восточного сектора Баренцева моря (рис. 5). Резче всех отличались от других станции северного разреза (2р и 3р). Высокое сходство фауны исследованной акватории связано с системой течений в юго-восточной части моря, которая обеспечивает значительную однородность состава зоопланктона. Вместе с тем, сравнение районов по количественным параметрам обилия и биомассы свидетельствует о том, что даже для соседних зон подобная связь в ряде случаев очень слабая (коэффициент Брэя – Куртиса менее 50 %), особенно это касается самых северных и южных станций.

Представители мелких веслоногих ракообразных *Pseudocalanus*, *Oithona* и *Temora* – одни из наиболее массовых видов в зоопланктоне юго-восточной части Баренцева моря, анализ состояния их популяций позволяет оценить трофическую базу личинок рыб-планктофагов в конкретный сезон исследования, а также влияние климата на биотическую часть сообщества [1, 2, 9, 10, 20, 21, 25, 26]. Ниже рассмотрено состояние популяций данных таксонов в исследуемом районе.

Возрастная структура *Pseudocalanus* spp. характеризуется доминированием младших копепоидных (I–III) стадий, составляющих чуть меньше половины суммарной численности популяции (рис. 6). На долю взрослых особей приходится около 10 %. Подобное соотношение различных возрастных стадий свидетельствует о недавнем нересте вида. Однако в период исследования пик размножения был уже пройден, что подтверждается практически полным отсутствием науплиев. Сходная картина отмечена и для *Temora longicornis* (рис. 6). Популяция *Oithona similis* была представлена в основном старшими копепоидитами (около 60 %) и взрослыми особями (23 %), присутствие ранних возрастных групп также свидетельствовало о размножении этого вида (рис. 6). Подобное явление можно признать закономерным [30–32]. Как правило, в Баренцевом море в конце осени и зимой копеподы не нерестятся, но в эстуарных зонах (к которым относится и Печорское море) за счет притока биогенов с речным стоком создаются благоприятные условия для развития микропланктона, служащего основным источником пищи для планктонных рачков [2, 17, 30].



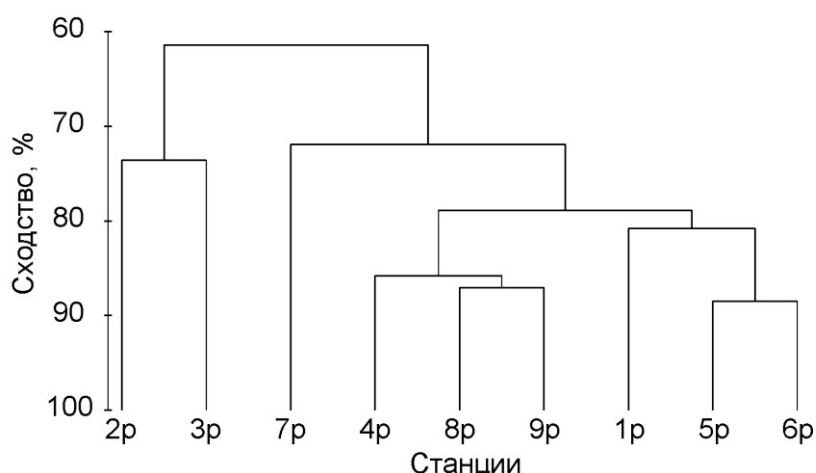


Рис. 5. Дендрограмма сходства станций, выполненных в Печорском море в ноябре 2010 г.

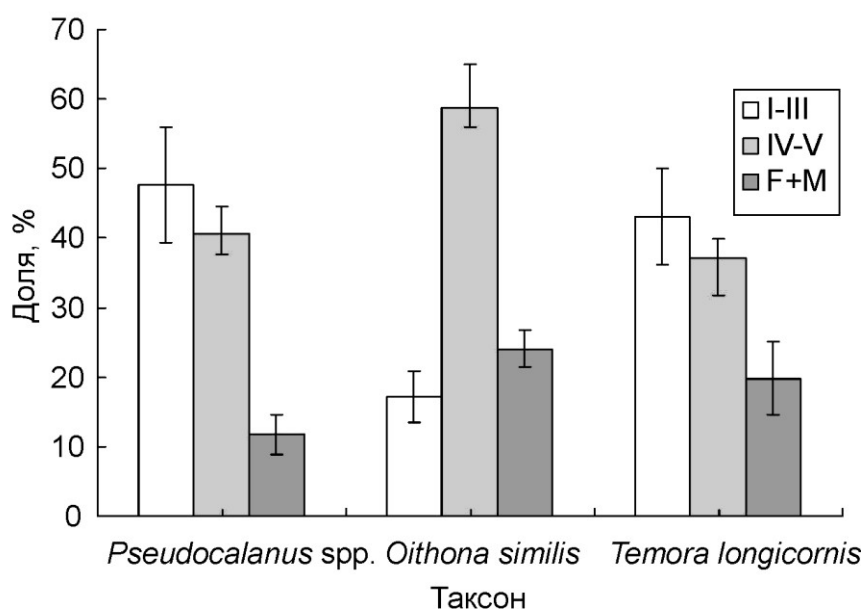


Рис. 6. Возрастной состав популяций *Pseudocalanus* spp., *Oithona similis* и *Temora longicornis* в Печорском море в ноябре 2010 г.:

I–V – копепоидитные стадии; F – самки; M – самцы

Высокая степень развития мелких ракообразных создает благоприятные пищевые условия для личинок многих рыб, в том числе и промысловых видов. Невысокая биомасса крупных копепод позволяет говорить о низкой роли этого района в питании молоди и взрослых рыб. Таким образом, в осенний период Печорское море можно охарактеризовать как акваторию со средней продуктивностью зоопланктона. В целом отмеченное состояние зоопланктонного сообщества хорошо соответствует завершению осенней фазы сукцессионного цикла зоопланктона прибрежных вод южной части Баренцева моря [1, 5, 7, 26, 29]. Численность и биомасса зоопланктона были выше, чем отмечалось для этого района ранее, однако при исключении станций северного разреза, которые по своим характеристикам соответствуют открытым районам Баренцева моря, перечисленные показатели хорошо соотносятся с опубликованными ранее данными.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексные исследования больших морских экосистем России. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 516 с.
2. Планктон морей Западной Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 352 с.
3. Дворецкий В.Г. Межгодовые вариации трофической структуры и биоразнообразия зоопланктонных сообществ в южной части Баренцева моря // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 165. С. 185–195.
4. Дворецкий В.Г. Продукция кормового зоопланктона в Баренцевом море в летний период // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 168. С. 169–183.
5. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Распределение биомассы зоопланктона в Баренцевом море в 2007 г. // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 161. С. 162–171.
6. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Распределение зоопланктона Баренцева моря в августе 2006 г. // Океанология. 2010. Т. 50, № 6. С. 964–972.
7. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Динамика биомассы зоопланктона и *Calanus finmarchicus* в прибрежье Баренцева моря в различных термических условиях // Изв. РАН. Сер. Биол. 2012. № 6. С. 667–672.
8. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Видовое разнообразие зоопланктонных сообществ западноарктических морей // Биол. моря. 2014. Т. 40, № 2. С. 108–112.
9. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Межгодовая флуктуация зоопланктона на Кольском разрезе (Баренцево море) в связи с факторами среды // Изв. РАН. Сер. Биол. 2014. № 4. С. 398–407.
10. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Epiplankton in the Barents Sea: Summer variations of mesozooplankton biomass, community structure and diversity // Cont. Shelf Res. 2013. Vol. 52. P. 1–11.
11. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Structure of mesozooplankton community in the Barents Sea and adjacent waters in August 2009 // J. Nat. Hist. 2013. Vol. 47. P. 2095–2114.
12. Дворецкий В.Г. Размерная структура популяции *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* и *C. Hyperboreus* во внутренних водах архипелага Земля Франца-Иосифа в августе 2006 и 2007 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2012. № 3. С. 28–39.
13. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Летняя продукция копепод в Баренцевом море // Докл. РАН. 2009. Т. 428, № 3. С. 423–425.
14. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Зимний зоопланктон юго-западной части Баренцева моря (март 2007 г.) // Рыбн. хоз-во. 2013. № 2. С. 74–78.
15. Dvoretsky V.G. Distribution of *Calanus* species of Franz Josef Land (Arctic Barents Sea) // Polar Sci. 2011. Vol. 5. P. 361–373.
16. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Summer mesozooplankton distribution near Novaya Zemlya (eastern Barents Sea) // Polar Biol. 2009. Vol. 32. P. 719–731.
17. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Summer mesozooplankton structure in the Pechora Sea (south-eastern Barents Sea) // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2009. Vol. 84. P. 11–20.
18. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Mesozooplankton structure in Dolgaya Bay (Barents Sea) // Polar Biol. 2010. Vol. 33. P. 703–708.
19. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Checklist of fauna found in zooplankton samples from the Barents Sea // Polar Biol. 2010. Vol. 33. P. 991–1005.
20. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Copepod communities of Franz Josef Land (northern Barents Sea) in late summer of 2006 and 2007 // Polar Biol. 2011. Vol. 34. P. 1231–1238.
21. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Estimated copepod production rate and structure of mesozooplankton communities in the coastal Barents Sea during summer–autumn 2007 // Polar Biol. 2012. Vol. 35. P. 1321–1342.
22. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Summer mesozooplankton community of Moller Bay (Novaya Zemlya Archipelago, Barents Sea) // Oceanologia. 2013. Vol. 55. P. 205–218.
23. Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: Изд. ВНИРО, 1971. 82 с.
24. Зеликман Э.А. К планктической характеристике юго-восточного сектора Баренцева моря (по материалам августа 1958 г.) // Гидрологические и биологические особенности прибрежных вод Мурмана. Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1961. С. 39–58.
25. Тимофеев С.Ф., Ширококолобова О.В. Зоопланктон и его значение в системе экологического мониторинга // Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. С. 54–60.
26. Тимофеев С.Ф. Экология морского зоопланктона. Мурманск: Изд-во МГПИ, 2000. 216 с.
27. Зеликман Э.А., Камшилов М.М. Многолетняя динамика биомассы планктона южной части Баренцева моря и факторы, ее определяющие // Тр. ММБИАН СССР, 1960. Т. 2(6). С. 68–102.
28. Raymont J.E.G. Plankton and productivity in the oceans. Vol. 2. Zooplankton. Southampton: Pergamon Press, 1983. 824 p.
29. Фомин О.К. Некоторые динамические характеристики зоопланктона в прибрежье Мурмана // Закономерности биопродукционных процессов в Баренцевом море. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1978. С. 72–91.
30. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Биология и роль *Oithona similis* в зоопланктоне морей Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 349 с.
31. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Life cycle of *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoida) in Kola Bay (Barents Sea) // Mar. Biol. 2009. Vol. 156. P. 1433–1446.
32. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Morphological plasticity in the small copepod *Oithona similis* in the Barents and White Seas // Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 385. P. 165–178.

## Сведения об авторе

Дворецкий Владимир Геннадьевич – к.б.н., старший научный сотрудник Мурманского морского биологического института КНЦ РАН; e-mail: vdvoretskiy@mmbi.info

УДК 613.7:502.5(203) (98)

## ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПАРЦИАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ПЛОТНОСТИ КИСЛОРОДА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

**В.Н. Петров**

Научный отдел медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

### Аннотация

Установлено, что количество эритроцитов и уровень гемоглобина у мужчин и женщин, проживающих в г. Апатиты, выше, чем у сверстников, проживающих в средней полосе России, г. Серпухов. Уровень эритроцитов жителей г. Апатиты находится на верхней границе нормы как у женщин, так и у мужчин. По нашим предположениям, это связано с климатическими различиями.

В работе сравнивается заболеваемость населения муниципальных образований, имеющих различие только по климатическим факторам, г. Серпухов (Московская обл., 56 северной широты) и г. Апатиты (Мурманская обл., 68 северной широты). В структуре заболеваемости детского населения г. Апатиты преобладают болезни органов дыхания, болезни глаз и придаточного аппарата, а также повышенный уровень болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани. Среди взрослого населения г. Апатиты за последние 10 лет отмечается рост таких заболеваний, как болезни систем кровообращения, костно-мышечной системы, мочеполовой системы, болезни глаза и его придаточного аппарата.

### Ключевые слова:

*климатические и погодные условия, парциальное давление кислорода, адаптационные факторы, общая сопротивляемость организма, уровни гемоглобина и эритроцитов.*



### Введение

Климатические факторы могут вызывать более или менее выраженные функциональные сдвиги в организме даже у лиц, приспособившихся к определенному климату. Реакции организма в ответ на действие метеорологических факторов зависят не только от колебаний погодных условий, но и от индивидуальных особенностей функционального состояния организма, сопутствующих заболеваний, пола и возраста больного, его образа жизни, физической активности, эмоционального равновесия, характера питания и степени нарушения обменных процессов. В результате резких изменений погодных условий у некоторых лиц отмечаются значительные функциональные сдвиги нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Для того чтобы человеку было комфортно, атмосферное давление должно быть равно 750 мм рт. ст. Если атмосферное давление отклоняется хоть на 10 мм в ту или иную сторону, человек чувствует себя некомфортно и это может сказаться на его состоянии здоровья.

Медико-биологические данные, свидетельствующие о прямой зависимости кислородной обеспеченности организма от синоптико-метеорологических условий, находятся в логическом несоответствии с укоренившимся мнением о стабильности содержания кислорода в воздухе на равнинах. Исследования, проведенные в 1965–1985 гг., позволили не только опровергнуть существующее представление о стабильности содержания кислорода в воздухе на равнинах, но и предложить новый параметр кислорода, содержащегося в воздухе, – парциальную плотность [1]. В условиях равнин формирование погодной гипоксии сочетается с рядом негативных факторов, таких как: гипобария, гипертермия, высокая влажность воздуха, низкая освещенность,

дискомфортные по теплоощущению гигротермические условия, высокий (до 2 тыс. В/м) градиент потенциала атмосферного электричества с изменением знака поля, значительно низкая концентрация природных аэроионов, нарушение суточной динамики основных метеорологических величин, увеличение их междусуточной изменчивости. Рассчитан вертикальный градиент парциальной плотности кислорода в воздухе, равный  $3.3 \text{ г/м}^3$  на 100 м. Отсюда следует, что уменьшение парциальной плотности кислорода в воздухе равнин на  $30\text{--}33 \text{ г/м}^3$  эквивалентно подъему на высоту около 1 тыс. м. Весовое содержание кислорода в воздухе прямо пропорционально атмосферному давлению за вычетом парциального давления водяного пара и обратно пропорционально температуре воздуха [2].

Температура, °С	Давление кислорода ( $\text{pO}_2$ ), $\text{г/м}^3$
-30	358
0	304
+30	270
(вл. 10 %)	
+30	264
(вл. 60 %)	

Основной современной задачей эволюции является дальнейшее развитие интеллектуальной материи – человеческого мозга. Организация интеллекта человека связана с развитием мозга. Он управляет всем нашим организмом через нейрогуморальную систему. Дыхательная и сердечно-сосудистая системы взаимосвязаны. Устройство системы кровообращения подчинено в первую очередь задачам насыщения организма кислородом, то есть дыхательной функции. Процессом управляет дыхательный центр, расположенный в продолговатом мозге. Кровь, отдав углекислый газ и получив кислород в легких по малому и большому кругу кровообращения, доставляет его во все органы и ткани человека. Из малого круга кровоснабжаются голова (мозг), сердце и руки. В рамках данных систем рационализации мозг занимает первое место: мозг составляет около 2 % от массы тела (приблизительно  $1/50$  веса тела) и получает 18–29 % циркулирующей крови. Нервные клетки мозга потребляют до 25 % энергии, вырабатываемой в организме. Такое потребление энергии требует хорошей кислородной доставки. Количество кислорода, необходимое для обеспечения жизнедеятельности человека, содержится в сравнительно небольшом количестве свежего воздуха: за одну минуту в покое человек вдыхает и выдыхает 6–9 л воздуха, при физической нагрузке – 80–90 л, иногда до 170 л. Парциальное давление кислорода ( $\text{PO}_2$ ) в артериальной крови 12–12.6 кПа, венозной – 4.6–6 кПа.

Мозг практически не располагает запасами кислорода, что делает его не только чрезвычайно чувствительным к гипоксии, но и ставит в прямую зависимость функционирования мозговых структур от оптимального режима кровоснабжения.

Интенсивность газообмена пропорциональна интенсивности окислительно-восстановительных процессов, происходящих во всех органах и тканях, и находится под регулирующим влиянием нервной и эндокринной систем.

### Современные представления о проблеме

Дефициту кислорода в организме предшествует ряд компенсаторных реакций, направленных на поддержание оптимальной концентрации кислорода. Гипоксия развивается только при несостоятельности адаптивных реакций. Перенос кислорода от легких к тканям, а также в выведении углекислого газа из организма и регуляция КОС (кислотно-основного состояния) осуществляет гемоглобин, содержащийся в эритроците крови. Л.Б. Ким в своей работе отмечала, что у жителей севера происходит снижение рН венозной крови и это приводит к уменьшению рН в тканях органов, при этом сродство гемоглобина к кислороду снижается, что

способствует более легкому его высвобождению в организме и использованию в окислительных процессах клеток [3]. Таким образом проявляется механизм компенсации гипоксии в тканях.

На этапе долговременной акклиматизации растет число эритроцитов и содержание в них гемоглобина, повышающих кислородную емкость крови (сухое вещество эритроцита содержит до 95 % гемоглобина). Это обусловлено увеличением секреции гормонов – эритропоэтинов в красном костном мозге.

Повышение количества эритроцитов в крови, эритроцитоз, – один из характерных лабораторных признаков эритремии. Относительные эритроцитозы проявляются в клинических формах – пребывание на больших высотах – гипоксия, дегидратация организма, эмоциональные стрессы, алкоголизм, курение. Основные причины увеличения количества эритроцитов в крови первичные – эритремия и вторичные (симптоматические), вызванные гипоксией, – заболевания легких, бронхиальная астма, повышенная физическая нагрузка, пребывание на больших высотах [4, 5]. Количество эритроцитов и концентрация гемоглобина в крови – постоянные величины до 40-летнего возраста, но постепенно снижаются к 70 годам. В дальнейшем заметное снижение этих показателей происходит параллельно изменению клетки красного костного мозга [4].

При формировании выраженной погодной гипоксии на равнине выявлено:

- нарушение корковой нейродинамики, преобладание тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы;
- нарушение водно-электролитного обмена и кислотно-основного состояния, а также нарушение функции гомеостатической системы;
- уменьшение коэффициента использования кислорода в легких, гиперкапния на фоне гипоксемии;
- ослабление контрактильных свойств левого желудочка сердца, углубление гемодинамических сдвигов негативного характера, определяющих гипокинетический тип гемодинамики и явления циркуляторной гипоксии вторичного характера [6].

Другие авторы исследовали механизмы регуляции функционального состояния мозга у человека в условиях дозированной острой гипоксии и заметили, что переключение интегративных механизмов регуляции с корково-таламического на лимбико-диэнцефальный уровень может обеспечивать снятие энергетически затратных неспецифических компонентов гипоксического стресса и более устойчивую регуляцию основных систем жизнеобеспечения [7].

При анализе парциальной корреляции выявлено, что только с атмосферным давлением статистически значимо коррелирует диастолическое давление [8]. Корреляция с другими факторами при исключении влияния давления атмосферы становится незначительным. Следовательно, атмосферное давление в данной ситуации остается доминирующим фактором. Известно, что повышение атмосферного давления и снижение влажности воздуха ведут к увеличению парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. Этим и можно объяснить депрессорный и брадикардический эффекты в системе кровообращения в состоянии покоя зимой.

Исследователи установили [9], что наращивание функциональных резервов организма происходит за счет дополнительного раскрытия альвеол в верхних и средних зонах легких. При длительном проживании человека на Севере (более 10–15 лет) давление крови в малом кругу значительно превышает нормальную величину, частота легочной гипертензии достигает 80 %. Вместе с тем возможность дальнейшего повышения морфофункциональных адаптационных резервов у них оказывается уже достаточно исчерпанной. Поэтому большие физические перегрузки, курение, простуда вызывают нарастание гипоксемии и развитие деструктивных изменений легочной ткани. Это, в свою очередь, обуславливает частое возникновение и тяжелое течение острых и хронических патологических процессов в органах дыхания. Авторы настоящей статьи отметили, что при снижении абсолютной влажности воздуха до значений, характерных для регионов Крайнего Севера ( $2 \text{ г/м}^3$ ), вызывает увеличение кровенаполнения легких и повышение сосудистого тонуса. Морфологические и функциональные

изменения органов дыхания заключаются прежде всего в увеличении площади альвеолярной поверхности легких в среднем на 24 % и объема легочных капилляров на 39 %. Характерная особенность процесса адаптации к экстремальным условиям Крайнего Севера – повышение систолического давления в легочной артерии выше 30 мм рт. ст., которое выявляется у большинства обследованных здоровых жителей Заполярья.

Определенная степень функциональной гипоксии, связанная с затруднениями при извлечении кислорода из низкотемпературного окружающего воздуха, наблюдается в условиях Севера [10].

Так как величина жизненной емкости легких (ЖЕЛ) зависит не только от анатомических размеров грудной клетки, развития дыхательной мускулатуры и растяжимости легочной ткани, а в определенной степени и от легочного кровообращения, то можно предположить, что изменение ЖЕЛ в годовом цикле, скорее всего, связаны с сезонными колебаниями кровотока в легких и их кровенаполнения. Повышенную ЖЕЛ в осенний период года по сравнению с весенним можно расценивать как компенсаторно-приспособительную реакцию организма в ответ на начало действия холодного фактора, направленную на увеличение площади дыхательной поверхности легких, обеспечивающей газообмен, и на улучшение параметров кондиционирования воздуха [11]. Существенное влияние на формирование функционального состояния организма человека оказывают сезонные года [12, 13]. На протяжении года человек проходит циклы естественной сезонной акклиматизации, которые проявляются различными компенсаторно-приспособительными реакциями организма, направленными на уравнивание с внешней средой, особенно со стороны системы внешнего дыхания. Максимальное потребление кислорода детей отмечалось в переходный период от теплого времени года к холодному (осень). Прослеживалась тенденция повышения значения от весны к осени в группе мальчиков и от зимы к осени в группе девочек [14]. Известно, что для нормальной жизнедеятельности организма человека необходимо постоянное поступление в его ткани и клетки кислорода и удаление углекислого газа [15].

Как отметила в своей работе Л.Б. Ким, приспособительные реакции организма жителей Севера имеют тенденцию к повышению глубины дыхания, что обеспечивает необходимый уровень легочной вентиляции. С возрастом резервные показатели внешнего дыхания снижаются, что отражается на адаптивных возможностях респираторной системы [16]. Наблюдения авторов [17] показывают, что можно выделить особый северный вариант гипертонической болезни, начинающийся примерно через 5 лет после проживания на севере и имеющий быстро прогрессирующее течение с частыми кризами и инсультами.

Обнаруженные в работе изменения показателей АД в ответ на изменения температуры и влажности воздуха в зимний период вполне согласуются с общими представлениями о реакции сердечно-сосудистых систем и органов дыхания на действие метеорологических факторов в условиях Севера. Известно, что даже при нормальном содержании кислорода в воздухе характерным синдромом северных широт является развитие гипоксии. Возможные механизмы возникновения гипоксии в условиях Севера, обусловленные снижением коэффициента использования кислорода, обсуждаются, например, в работе [18].

Основной причиной наблюдаемых адаптационных изменений органов дыхания являются «сочетанное воздействие низкой температуры атмосферного воздуха и низкого абсолютного содержания в нем водяных паров». Именно при таком сочетании внешних факторов наблюдались значимые изменения среднего уровня АД у всех испытуемых [19].

Высказана мысль о том, что периодическая физиологическая гипоксия играет роль рефлекторного раздражителя и в зависимости от меры и скорости развития может вызывать как возбуждение, так и торможение нервных центров. Периодически возникающая гипоксия той или иной степени обычна для многих форм трудовой и спортивной деятельности. Любое сколько-нибудь значительное усиление двигательной активности, сопровождающееся резким увеличением кислородного запроса, неизбежно приводит к возникновению тканевой гипоксии, имеющей

обратимый характер и сменяющейся значительным усилением аэробного обмена веществ в тканях при прекращении работы или при снижении ее интенсивности. К возникновению гипоксии регионального характера приводит также необходимость поддержания фиксированных поз рабочего акта, вызывающих нарушение нормального кровотока, и значительные эмоциональные нагрузки, сопровождающиеся выбросом катехоламинов в кровь и увеличением метаболической потребности тканей в кислороде [20–23].

В другой работе [24] показано, что широтный фактор в пределах Европейского Севера проявляет свое физиологическое влияние на растущий организм подростков 14–15 лет уже при разнице места постоянного нахождения всего на 3°. У подростков, проживающих на широте 65°, по сравнению с подростками, проживающими на широте 62°, снижены переносимость гипоксемии, скорость восстановления гемодинамики после кратковременной физической нагрузки, уровень физического здоровья, замедлена функция переключения внимания, более выражены явления гипоксии.

Общая кислородная недостаточность компенсируется ускорением циркуляции крови за счет учащения сердечных сокращений. Авторы обращали внимание на рост заболеваемости органов кровообращения у школьников северного города Магадана, ведущих обычный образ жизни. По сравнению со сверстниками среднеширотных областей наблюдается увеличение частоты сердечных сокращений, повышение уровня артериального давления и индекса напряжения миокарда. Особенно превышение артериального давления (на 8–10 мм рт. ст.) отмечается в возрасте 14–15 лет, т.е. сразу после пубертатного скачка. У детей-спортсменов по сравнению со школьниками этих явлений не наблюдается [25].

Занятия спортом нормализуют артериальное давление. Установлено, что высокая физическая активность, связанная с регулярными спортивными тренировками, сопровождается уменьшением артериального давления в покое, параметрами сердечного выброса и увеличением удельного периферического сопротивления сосудов.

Известно, что по мере снижения содержания кислорода во вдыхаемом воздухе и развития артериальной гипоксемии формируется комплекс ответных реакций организма, направленных на предотвращение тканевой гипоксии [26, 27]. При этом усиливается вентиляционная функция внешнего дыхания и легочный кровоток головного мозга и сердца, повышается кислородная емкость крови, тканевой транспорт кислорода и активируются механизмы тканевого дыхания. Полученные данные показывают, что у физически не тренированных лиц в условиях гипоксии уровень потребления кислорода сохраняется за счет увеличения легочной и альвеолярной вентиляции, обусловленного возбуждением артериальных хеморецепторов, чувствительных к рН крови [28, 29].

При длительных занятиях плаванием адаптивные изменения в системе дыхания приводят к снижению вентиляционной чувствительности к углекислоте и усилению буферных свойств кислород-транспортной системы, усилению ее роли и эффективности использования [30]. В результате обменных процессов у девочек-лыжниц, по сравнению с девочками-гимнастками, в большей степени преобладает парасимпатический отдел вегетативной нервной системы. У девочек-гимнасток наблюдается преобладание симпатического отдела, что отражается в повышенных величинах частоты сердечных сокращений и минутного объема крови. Такие различия, возможно, связаны с различной спортивной специализацией [31].

Особенностью эндокринного статуса человека на Севере является напряжение в системе «гипофиз – надпочечники» с тенденцией к повышению кортизола, являющегося естественным для организма человека иммунодепрессантом [31]. Состояние иммунной системы у человека на Севере отличается низким содержанием в крови функционально активных Т-лимфоцитов, IgA на фоне относительно высоких концентраций IgG, IgE и повышенных уровней IgM и ЦИК. Вторичное изменение Т-клеточного набора развивается путем нарушения клонального равновесия из-за длительного преобладания активации Т-клеточного звена. На Севере у человека выше содержание в крови иммунокомпетентных клеток, экспрессирующих активные рецепторы:

CD25+, HLA-DR71+, а также цитотоксических лимфоцитов, цитокинов и клеток, меченных к апоптозу CD95+ (1, 2). Нормальный уровень активности синтеза иммуноглобулинов А формируется у детей, проживающих на Севере, только к 12–14 годам, опаздывая на 2–4 года по сравнению с возрастным развитием иммунитета у детей, проживающих в комфортной климатической обстановке. Иммунная система у человека, проживающего в неблагоприятной климатической обстановке, недостаточна эффективна [32].

### Результаты и обсуждения

Если сравнивать показатели заболеваемости жителей Заполярного Круга, 68° северной широты (г. Апатиты Мурманской обл.), с заболеваемостью населения, проживающего в средней полосе России, 56° северной широты, например, с болезненностью в г. Серпухов Московской обл., где не действуют выраженные климатические факторы, характерные для Арктической зоны, а высота расположения городов над уровнем моря почти одинаковая: г. Апатиты 140–170 м, г. Серпухов 140–156 м, то можно исследовать влияние этих факторов. В г. Серпухов благоприятная экологическая обстановка [34]. Следует также отметить, что лечебно-диагностические базы по оснащенности диагностической аппаратурой и по профессиональному медицинскому составу близки друг к другу, и эти факторы не влияют на различия в диагностике заболеваний населения.

По данным Meteoinfo.by, в зимний период года (декабрь, январь, февраль 2013 г.) в среднем разница в атмосферном давлении между городами Апатиты и Серпухов составляет 10 мм рт. ст. (в г. Апатиты ниже, чем в средней полосе России), при пасмурной погоде (-2–4 °С) в г. Апатиты – 738 мм рт. ст., а в г. Серпухов – 748 мм рт. ст. Влажность – от 88 до 95 % в обоих городах. В солнечную погоду при температуре -20 °С, влажности воздуха в г. Апатиты 7 % давление – 764 мм рт. ст., а в Серпухове при такой же температуре влажность – 82 %, атмосферное давление 776 мм рт. ст.

По предположениям авторов настоящей статьи организм проживающих в Заполярье должен отреагировать на кислородное голодание повышением количества эритроцитов и гемоглобина в крови. В связи с этим проверялись показатели крови по этим параметрам у молодого населения городов Апатиты и Серпухов, так как они еще не имеют хронических заболеваний, оказывающих влияние на показатели крови. Авторами проанализированы данные анализов крови у подростков (девочки и мальчики) и допризывной молодежи (табл. 1).

Таблица 1

Состояния клинического анализа периферической крови у подросткового населения (15–17 лет) и допризывной молодежи (18–20 лет), проживающих в Апатитах и Серпухове

Пол, город (количество обследованных)	Эритроциты (усредненные данные)	Норма эритроцитов для данного возраста (17–19 лет) [35]	Гемоглобин (усредненные данные)	Норма гемоглобина для данного возраста (17–19 лет) [35]
Женщины Апатиты (129 ч.)	$4.74 \pm 0.13 \times 10^{12}$	$3.5\text{--}5.0 \times 10^{12}$	$142.5 \pm 0.15$ г/л	112–148 г/л
Серпухов (57 ч.)	$4.26 \pm 0.12 \times 10^{12}$		$131 \pm 0.15$ г/л	
Мужчины Апатиты (101 ч.)	$5.25 \pm 0.13 \times 10^{12}$	$3.9\text{--}5.6 \times 10^{12}$	$158.7 \pm 0.2$ г/л	120–168 г/л
Серпухов (48 ч.)	$4.9 \pm 0.12 \times 10^{12}$		$140 \pm 0.2$ г/л	



Как видно из представленных в табл. 1 данных, количество эритроцитов и гемоглобина у мужчин и женщин, проживающих в г. Апатиты, выше, чем у сверстников, проживающих в средней полосе России (г. Серпухов). Уровень эритроцитов у жителей Апатитов находится на высокой границе нормы как у женщин, так и у мужчин. Можно предположить, что у них отмечается умеренный эритроцитоз из-за незначительной гипоксии крови.

В Апатитах число регистрации анемий во всех возрастных группах практически одинаковое – в пределах 8 случаев. В Серпухове число регистрации анемий с возрастом понижается с 8 случаев в возрасте до 14 лет, 3.9 случая в возрасте 15–17 лет и 1.1 случая у лиц старше 18 лет (табл. 2, 3).

Таблица 2

Число случаев развития анемий у населения средней полосы и Арктической зоны

Возраст	Апатиты (на 1 тыс. чел.)	Серпухов (на 1 тыс. чел.)
0–14 лет	8 сл.	8 сл.
15–17 лет	5.6 сл.	3.9 сл.
18 лет и старше	8 сл.	1.1 сл.

Таблица 3

Заболеваемость по регионам (кол-во посещений врача на 1 тыс. населения)

Возраст	РФ	Мурманская обл.	Апатиты
0–14 лет	2954	3267	3573
18 лет и старше	1528	1672	1819

Анемии всегда вторичны, т.е. являются одним из симптомов какого-то общего заболевания.

При анализе заболеваемости населения отмечено, что в г. Апатиты общая заболеваемость выше по сравнению с г. Серпухов как среди детского (в 1.5 раза), так и среди взрослого населения (в 1.3 раза). Увеличение заболеваемости населения г. Апатиты наблюдается по всем нозологическим формам (табл. 4).

Таблица 4

Структура заболеваемости в городах Апатиты и Серпухов среди детей 0–14 лет  
(количество посещений врача на 1 тыс. населения)

№ п/п	Нозология	Апатиты	Серпухов
1	болезни органов дыхания	1765	1572
2	болезни глаза и его придат. аппарата	242	132
3	болезни костно-мыш. системы и соед. ткани	167	25
9	болезни эндокринной системы и расстр. питания	67	8
Итого: % от общей заболеваемости		69	77

Заболеваемость органов дыхания у детского населения в г. Апатиты немного выше, чем в средней полосе России (1765 и 1572 случая соответственно; острые респираторные вирусные инфекции верхних и нижних дыхательных путей, грипп). Второе место в структуре заболеваемости у детей в г. Апатиты занимают болезни глаз – 242 сл. (табл. 4), а в г. Серпухове – болезни органов пищеварения (137 сл.). На третьем месте в г. Апатиты находятся заболевания костно-мышечной системы (167 сл.), а в г. Серпухове – болезни глаз (132 сл.). Высокая заболеваемость в Апатитах среди детей и подростков болезнями глаза и придаточного аппарата: миопии – 270 сл. (на 1 тыс. детей); г. Серпухов: миопии – 58.3 сл. (на 1 тыс. детей). В г. Апатиты

катаракт (помутнение хрусталика) 30 сл. на 1 тыс. чел. взрослого населения, а в Серпухове 15.8 сл. Глауком (опухоль глаза) в Апатитах 7 сл., а в Серпухове 13 сл. на 1 тыс. населения.

Среди взрослого населения в г. Апатиты за последние 10 лет отмечается рост в 1.5–2 раза таких заболеваний, как болезни систем кровообращения (особенно гипертонические заболевания, ишемическая болезнь сердца, цереброваскулярные болезни), болезни костно-мышечной системы (артропатии, артрозы, деформирующие дорсопатии), болезни глаз и придаточного аппарата (катаракта, глаукома, миопатия, конъюнктивиты и болезни мышц глаз с нарушением движения глаз), мочеполовой системы, органов пищеварения, эндокринной системы и т.п. Общее количество отмеченных заболеваний в Апатитах выше, чем у жителей средней полосы России, г. Серпухов (табл. 5).

Таблица 5

Структура заболеваемости в городах Апатиты и Серпухов, взрослые от 18 лет и старше (количество посещений врача на 1 тыс. населения)

№ п/п	Нозология	Апатиты	Серпухов
1	болезни систем кровообращения	317	286
2	болезни костно-мыш. системы и соед. ткани	215	84
3	болезни органов дыхания	209	144
4	болезни глаза и его придат. аппарата	159	72
Итого: % от общей заболеваемости		57	52

У жителей пенсионного возраста г. Серпухов болезни систем кровообращения также преобладают, составляя 32 %. На втором месте, по сравнению с г. Апатиты, располагаются новообразования, почти 13 %, на третьем месте болезни глаза и его аппарата – 11.5 %, на четвертом – болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани – 8.7 %, на пятом месте болезни органов дыхания – 8.4 % и на шестом болезни эндокринной системы – 7.9 %, что в сумме составляет – 81.5 % от всех заболеваний данной возрастной группы.

В каждой возрастной группе населения преобладают заболевания органов и систем, характерных для физиологического развития человека и зависящие от его образа жизни, что отражается на структуре заболеваемости. Во взрослом организме повышение артериального давления объясняется сочетанным действием гипоксемии с неблагоприятными социальными факторами: нездоровый образ жизни – вредные привычки (алкоголь, курение); эмоциональный стресс и т.д.

Влияние вредных привычек на увеличение потребления кислорода организмом человека отмечали авторы, исследовавшие интенсивность процессов перекисного окисления липидов в крови жителей Крайнего Севера в состоянии острого алкогольного психоза [36]. Через 8 часов после поступления этанола в организм содержание перекисей липидов в печени возрастает. Возможно, это связано с повышением потребления организмом кислорода.

Интересные наблюдения отметил автор диссертации А.Н. Фомин [37]. По его данным, большая приспособленность к экстремальным условиям высоких широт отмечалась у людей, переехавших из сухого степного или полупустынного климата. Меньше встречались заболевания и у людей, переехавших в Арктику из горной местности, где в крови человека повышенное содержание гемоглобина и эритроцитов. Показано, что у жителей Севера, устойчивых к действию экстремальных природных факторов высоких широт, отмечается высокая функциональная активность полушарий головного мозга, особенно правого полушария. Оказалось, что усиление функциональной активности правого полушария мозга наблюдается уже с первой недели после переезда на Север.

Другими авторами исследовано влияние нормобарической гипоксии (вдыхание газовой смеси с 10 % содержанием  $O_2$  в течение 16 мин) на показатели сердечно-сосудистой системы в группе здоровых молодых мужчин. Полученные данные позволяют предполагать, что использованная гипоксическая нагрузка активирует преимущественно нервно-рефлекторные механизмы регуляции периферического кровотока, а исходный уровень кровоснабжения скелетных мышц в значительной степени определяет развитие сосудистой реакции в периферических тканях на острую гипоксию [38].

При максимальной задержки дыхания (искусственное создание гипоксии мозга) у обследованных учащался пульс и повышался уровень артериального давления.

Данные наблюдения отмечены в работе [39]. У практически здоровых молодых мужчин исследованы изменения кардиореспираторных показателей при пролонгированной (25 мин) экспоненциально снижающейся концентрации  $O_2$  в ингаляционной дыхательной смеси (от 20.9 до 10 %). Показано, что реакция роста частоты сердечных сокращений (ЧСС), встречающаяся в 100 % случаев, сочетается с нарастанием гипоксемии, отмечаемой по снижению сатурации (насыщение кислородом гемоглобина) артериальной крови. Индивидуальный прирост ЧСС на гипоксию значимо связан с текущим диастолическим артериальным давлением крови.

Если человек длительное время проживает в местности, где в воздухе снижено содержание кислорода, то может возрастать нехватка кислорода в сосудах, кровоснабжающих зрительный нерв и сетчатку глаза, хрусталик, что и уменьшает адаптационные возможности зрительного аппарата, особенно в период полярной ночи и нагрузки во время учебного процесса. Возникают изменения кровообращения в системе центральной глазничной артерии, что указывает на сосудистые сдвиги и состояние мозговой гемодинамики [40, 41]. В результате этого растет число случаев заболеваний органов глаза и его придаточного аппарата среди жителей Заполярья. В работе показано, что снижение содержания гемоглобина и эритроцитов в крови у детей 6–8, 10–12 и 12–14 лет с самого начала обучения в школе приводит к развитию близорукости и способствует гипоксии и функциональной слабости организма [42].

## Выводы

Влияние неблагоприятных климатических факторов Арктики на здоровье детского организма (в частности, гипоксии) приводит к различным иммунологическим реакциям, что отражается на сенсibilизации организма и, как следствие, к снижению общей сопротивляемости. По мнению И.И. Шмыкова, это объясняется неравномерностью роста и созревания отдельных легочных структур, несовершенством нейрогуморальной регуляции внешнего дыхания, что приводит к функциональной нестабильности и определяет высокую чувствительность дыхательной системы детей к воздействию неблагоприятных факторов [43]. Не случайно у детей корреляция между частотой болезней органов дыхания и природно-климатическими особенностями выражены более четко, чем у взрослых, что, по-видимому, можно объяснить как слабым развитием адаптационных механизмов в несформированном детском организме, так и неумением детей вовремя предохранить себя от неблагоприятных внешних воздействий и неразвитостью иммунной и эндокринной систем. Известно, что в детском возрасте происходит развитие лимфоидной ткани, мезенхимных клеток, зубной железы, т.е. клеток, производящих антитела. У детей первого полугодия жизни аллергические реакции выражаются главным образом в желудочно-кишечной дисфункции (дисбактериоз) и изменениями на коже (дерматиты) [44]. Снижение неспецифического иммунитета можно считать одной из причин относительно высокой заболеваемости населения на Севере.

Недостаточность парциального давления кислорода в атмосфере Заполярного круга организмом компенсируется. В детском организме происходит наращивание функциональных резервов организма за счет дополнительного раскрытия альвеол в верхних и средних зонах легких. Организм отвечает учащением сердцебиения и в дальнейшем эритроцитозом (повышением числа эритроцитов и гемоглобина).

В детском возрасте, когда идет развитие головного мозга, в связи с обучением детей (детсад, школа, институт, дополнительные занятия с репетитором и т.д.) большая нагрузка приходится на зрительный аппарат ребенка. В осенне-зимний период за полярным кругом из-за понижения парциального давления наступает недонасыщение кислородом головного мозга, что приводит к повышенной сонливости в сочетании с низкой освещенностью (полярная ночь).

С возрастом имеет место неадекватное кислородное снабжение, и поэтому уровень тканевого кислорода снижается. Даже небольшая степень гипоксии в пожилом возрасте вызывает включение компенсаторных механизмов, но последние оказываются недостаточно эффективными для поддержания кислородного снабжения, что приводит к снижению парциального давления в тканях. Авторами выявлены существенные сдвиги в системе гомеостаза периферической крови здоровых взрослых мужчин в условиях Заполярья, проявляющиеся в умеренном эритроцитозе и возрастании числа гемоглобина [45].

В пожилом возрасте уже компенсаторные механизмы человеческого организма истощаются. В своих публикациях ученые отметили, что у 79 % лиц в возрасте 40–50 лет диагностированы сочетания трех и более хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, мочеполовой системы и опорно-двигательного аппарата, что почти вдвое превышает показатель болезненности, выявленной в ходе профпатологических осмотров у населения центральных и южных районов России [46]. С увеличением возраста резервные показатели внешнего дыхания снижаются, что отражается на адаптивных возможностях респираторной системы [16].

У пожилых людей повышение артериального давления происходит в результате сочетанного действия гипоксемии и неблагоприятных социальных факторов: вредные привычки (алкоголь, курение), эмоциональные стрессы и т.д. При длительном проживании в районах Арктики (более 10–15 лет) у населения повышается артериальное давление крови в малом кругу, что является компенсаторным механизмом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Овчарова В.Ф. Климат и здоровье человека // Труды международного симпозиума ВМО/ВОЗ/ЮНЕП СССР (Ленинград, 22–26 сентября 1986 г.). Л.: Гидрометеиздат, 1988. Т. 2. 2. Климат и здоровье человека: тр. междунар. симпозиума ВМО/ВОЗ/ЮНЕП СССР (Ленинград, 22–26 сентября 1986 г.). Л.: Гидрометеиздат, 1988. Т. 2. 3. Ким Л.Б. Газовый состав и кислотно-основное состояние крови у жителей Крайнего Севера // Бюллетень СО РАМН. 2002. №1(103). С. 77–81. 4. Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам диагностики. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 779 с. 5. Луценко М.Т., Надточий Е.В. Морфофункциональная характеристика слизистой бронхов при бронхиальной астме на фоне гипоксии // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2008. № 28. С. 38–43. 6. Характеристика индивидуальных различий функционального состояния человека в условиях гипоксической гипоксии / В.О. Самойлов и др. СПб.: Военно-медицинская академия человека им. С.М. Кирова, 2013. №3 (43). С. 111–117. 7. Сороко С.И., Бекшаев С.С., Рожков В.П. ЭЭГ-маркеры нарушения системной деятельности мозга при гипоксии // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 5. С. 1–15. 8. Бойко Е.Р. Сезонная динамика функциональных показателей у северян – участников проекта «Марс-500» // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. д.м.н. проф. Е.Р. Бойко. Сыктывкар; Екатеринбург: УрО РАН, 2012. С. 28–33. 9. Величковский Б.М. У северян «особые» легкие // Социальное партнерство. 2006. № 3. 10. Евдокимов В.Г., Розачевская О.В., Варламова Н.Г. Моделирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 257 с. 11. Завьялова А.А. Показатели статистических легочных объемов у детей-северян среднего школьного возраста в различные сезоны года // Адаптация человека на Севере: медико-биологические аспекты. Архангельск, 2012. С. 94–98. 12. Функция внешнего дыхания у молодых мужчин Европейского Севера в годовом цикле / Н.Г. Варламова и др. // Физиология человека. 2008. № 6. С. 85–91. 13. Гудков А.Б., Попова О.Н., Ефимова Н.В. Сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда у уроженцев Европейского Севера 18–22 лет // Экология человека. 2012. № 9. С. 32–37. 14. Чулакова Л.В. Изменения показателей легочного газообмена у детей старшего школьного возраста, жителей Европейского Севера, в годовом цикле // Адаптация человека на Севере: медико-биологические аспекты. Архангельск, 2012. С. 348–352. 15. Герасимов И.Г., Самохина Е.В. Взаимосвязь между показателями гемодинамики и дыхания у человека // Физиология человека. 2003. Т. 29, № 4. С. 72–75. 16. Ким Л.Б. Состояние внешнего дыхания у жителей Крайнего Севера в зависимости от возраста и полярного стажа // Бюллетень СО РАМН. 2010. Т. 30, № 3. С. 18–23. 17. Деряпа Н.Р., Рябинин И.Ф. Адаптация человека в полярных районах земли. Л.: Медицина, 1977. 294 с. 18. Величковский Б.Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // Биосфера. 2010. Т. 1, № 2. С. 213–217. 19. Зенченко Т.А., Солонин Ю.Г., Мерзлый А.М. Оценка индивидуальной чувствительности

организма человека к действию атмосферных факторов в условиях северных широт // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. д.м.н., проф. Е.Р. Бойко. Сыктывкар; Екатеринбург: УрО РАН, 2012. С. 279–284. **20. Берштейн А.Д.** О региональной гипоксии покоя и работы // Акклиматизация и тренировка спортсменов в горной местности. Алма-Ата, 1965. 129 с. **21. Колчинская А.З.** Дыхание при гипоксии // Физиология дыхания. СПб., 1994. С. 589–624. **22. Малкин В.Б., Гиппенрейтер Е.Б.** Острая и хроническая гипоксия // Проблемы космической биологии. 1977. Т. 35. 319 с. **23. Шеррер Ж.** Физиология труда (эргономия): пер. с фр. М., 1973. 496 с. **24.** Влияние широты проживания в условиях севера на организм подростков / Ю.Г. Солонин и др. // Физиология человека. 2012. Т. 38, № 2. С. 107. **25. Шеверева Ю.Р., Соколов А.Я.** Параметры сердечно-сосудистой системы у детей и подростков Магадана // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Архангельск, 2002. Т. 2. С. 722–724. **26. Колчинская А.З.** Гипоксическая гипоксия, гипоксия нагрузки: повреждающий и конструктивный эффекты // *Nuroxia Med.J.* 1993. №1(3). С. 18–13. **27.** Индивидуальные особенности адаптации к физическим нагрузкам в условиях холодного климата / С.Г. Кривошеков и др. // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. д.м.н., проф. Е.Р. Бойко. Сыктывкар; Екатеринбург: УрО РАН, 2012. С. 90–98. **28. Кривошеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э.** Расширение функционального диапазона реакций дыхания и газообмена при повторных гипоксических воздействиях // Физиология человека 2005. № 31(3). С. 100–107. **29. Кривошеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э.** Индивидуальные особенности внешнего дыхания при прерывистой нормобарической гипоксии // Физиология человека. 2006. № 32(3). С. 62–69. **30. Кривошеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э.** Реакция тренированных к задержке дыхания лиц на прерывистую нормобарическую гипоксию // Физиология человека. 2007. № 33(3). С. 75–80. **31. Гречкина Л.И., Соколов А.Я.** Морфологические особенности и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у девочек-спортсменок Магадана // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Архангельск, 2002. Т. 2. С. 656–658. **32.** Резервные возможности регуляции иммунного статуса у человека в условиях Севера / Л.С. Щеголева и др. // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Архангельск, 2002. Т. 2. С. 725–729. **33. Добродеева Л.К., Добродеев К.Г.** Иммуномодуляторы растительного и водорослевого происхождения: монография. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008, 294 с. **34. Петров В.Н.** Почему болеют жители Серпуховского региона? Серпухов, 1998. 51 с. **35.** Руководство по лабораторным методам диагностики / под ред. д.м.н., проф. А.А. Кишкун. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 800 с. **36. Вахнина Н.А., Бойко Е.Р.** Интенсивность процессов перекисного окисления липидов в крови жителей Крайнего Севера в состоянии острого алкогольного психоза // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. д.м.н., проф. Е.Р. Бойко. Сыктывкар; Екатеринбург: УрО РАН, 2012. С. 69–72. **37. Фомин А.Н.** Особенности формирования приспособительных реакций у пришлого населения на Севере: автореф. дис. ... д.м.н. Новосибирск, 2004. **38. Диверт В.Э., Комлягина Т.Г., Кривошеков С.Г.** Влияние острой нормобарической гипоксической нагрузки на регионарное кровоснабжение верхней конечности // Физиология человека. 2004. Т. 30, № 6. С. 51–56. **39. Диверт В.Э., Кривошеков С.Г.** Кардиореспираторные реакции при нарастающей нормобарической ингаляционной гипоксии у здорового человека // Физиология человека. 2013. Т. 39, № 4. С. 82–92. **40. Акимов Г.А.** Начальные проявления сосудистых заболеваний головного мозга. Л.: Медицина, 1983. 221 с. **41. Боголепов Н.К.** Церебральные кризы и инсульты. М.: Медицина, 1971. 391 с. **42. Ястребцева Т.А.** Роль функционального состояния системной, церебральной и локальной гемодинамики глаза в развитии и прогрессировании миопии у школьников пубертатного возраста на Севере // Российский офтальмологический журнал. 2013. Т. 61, № 1. С. 61–63. **43. Шмыков И.И., Перельман Ю.М.** Возрастные изменения вентиляционной функции легких и гемодинамики малого круга кровообращения у детей и подростков – жителей Севера // Физиология человека. 1990. Т. 16, № 5. С. 69–75. **44.** Большая медицинская энциклопедия: в 30 т. / под ред. Б.В. Петровского. 1982. **45. Завадская Т.С., Белишева Н.К., Калашникова И.В.** Зависимость функционального состояния периферической крови человека от вариаций гелиогеофизических агентов в условиях заполярья // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 5(2). С. 448–451. **46. Ковалев И.В., Гун Г.Е., Мизун Ю.Г.** Медико-экологические проблемы на Кольском Севере. М.: РАМН Институт медико-экологических проблем Севера, 1977. С. 180.

### Сведения об авторе

*Петров Владимир Николаевич* – к.б.н., старший научный сотрудник научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН;  
e-mail: petrov\_ombp@admksk.apatity.ru

УДК 599.745.3(268.46)

## ПИТАНИЕ И ПИЩЕВЫЕ ОТНОШЕНИЯ НАСТОЯЩИХ ТЮЛЕНЕЙ В БЕЛОМ МОРЕ

**В.Н. Светочев, О.Н. Светочева**

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

### Аннотация

Обобщены многолетние материалы по питанию настоящих тюленей в Белом море, описаны межвидовые трофические взаимоотношения. Показано, что нерпа и морской заяц не имеют конкурентных отношений, гренландский тюлень оказывает влияние на фоновые виды тюленей, напряженность конкуренции незначительная из-за сезонного пребывания гренландского тюленя в Белом море. Серый и обыкновенный тюлени не испытывают трофической напряженности с пагофильными тюленями благодаря сезонности своего пребывания в Белом море в незначительном количестве. Пищевая конкуренция для этих тюленей с другими ластоногими возможна при восстановлении ареалов.

### Ключевые слова:

*питание, качественный состав питания, пищевые отношения, конкуренция, настоящие тюлени, Белое море.*



Трофологические исследования представляют собой важную часть экосистемного подхода для оценки экологической емкости морей арктического сектора. Интерес к изучению особенностей питания морских млекопитающих, находящихся на вершине трофической пирамиды в морских экосистемах, обусловлен их влиянием на биоресурсы. Особенно это важно для видов, имеющих высокую численность и широкое распространение.

Уровень общей продуктивности Белого моря до сих пор оценивается по-разному – от дистрофного до эвтрофного водоема, однако изучение первичной продукции планктона позволяет причислить море в целом к мезотрофным водоемам с достаточными запасами рыб и беспозвоночных в качестве ресурсного потенциала для морских млекопитающих. Благодаря уникальным условиям арктического и почти закрытого водоема, жизненный цикл большинства беломорских рыб и ракообразных, составляющих кормовую базу для птиц, хищных рыб и морских млекопитающих, имеет следующие особенности:

- а) чередование двух резко отличающихся периодов – периода высокой напряженности жизненных процессов и периода предельного затухания (паузы);
- б) наличие длительной паузы, составляющей у теплолюбивых видов около половины года;
- в) наличие резких переходов от одного периода к другому [1].

Эти особенности ограничивают доступность кормовой базы моря в течение года для ее потребителей на высшем трофическом уровне и могут являться лимитирующим фактором для видового и численного состава морских млекопитающих Белого моря. Поэтому представляется важным оценить вероятные пищевые взаимодействия среди наиболее распространенных и многочисленных представителей морских млекопитающих в Белом море – настоящих тюленей, особенно на фоне меняющихся климатических условий в Арктике.

Районы циклонических и антициклонических круговоротов, возникающие в Белом море благодаря стоковому течению, способствуют концентрации планктона, а следовательно,

пелагических рыб и ракообразных [2]. Эти факторы создают благоприятные условия для летне-осеннего откорма тюленей, когда доступность кормовых объектов становится более высокой. Выделение сезонных циклов по динамике теплового баланса в наибольшей степени соответствует биологическим циклам морских млекопитающих, обитающих в Белом море, и примерно согласуется с годовой сезонной структурой других важных параметров экосистемы, так же как и в Баренцевом море. Поэтому целесообразно рассматривать следующие сезоны: зима (I квартал) – январь – март; весна (II квартал) – апрель – июнь; лето (III квартал) – июль – сентябрь; осень (IV квартал) – октябрь – декабрь [3].

Фоновые пагофильные виды настоящих тюленей встречаются в Белом море в течение всего года, это нерпа (*Pusa hispida*) и морской заяц (*Erignathus barbatus*). Гренландский тюлень (*Phoca groenlandica*) массово обитает в Белом море с ноября по май, а теплолюбивые обыкновенный (*Phoca vitulina vitulina*) и серый (*Halichoerus grypus*) тюлени во внутренние районы моря заходят единично и только летом (табл. 1).

Таблица 1

Ластоногие Белого моря

Вид	Категории охраны (Красная книга РФ и списки МСОП)*	Средняя масса тела, кг	Численность в Белом море, шт.	Общая биомасса, кг	Категория обитания в Белом море
Гренландский тюлень	МСОП (LR/lc)	110	1 млн** (1 млн)****	14 млн 300 тыс.	Сезонный мигрант
Нерпа	МСОП (LR/lc)	60	24000 <sup>2</sup>	1 млн 440 тыс.	Постоянно обитающий
Морской заяц	МСОП (LR/lc)	160	6000 <sup>2</sup>	960 тыс.	То же
Серый тюлень	ККРФ (3), МСОП (LR/lc)	100	1–50*** (4500)****	5 тыс.	Сезонный мигрант
Обыкновенный тюлень	ККРФ (3), МСОП (LR/lc)	70	1–50*** (2500)****	3.5 тыс.	То же

\* Красная книга РФ [4]; список видов МСОП [5].

\*\* Данные учетов численности [6–8].

\*\*\* Экспертные оценки численности [9, 10].

\*\*\*\* Численность видов в Баренцевом море.

Нерпа и морской заяц обитают в одних и тех же прибрежных и приостровных акваториях в шельфовой зоне, в ледовый период нерпа встречается на припайных льдах, а морской заяц – на краю припая и на дрейфующем льду заливов. Гренландский тюлень осенью и зимой распределяется в пелагической части моря на дрейфующих однолетних льдах и в нормальных условиях не подходит к берегам, весной тюлени активно мигрируют в Баренцево море. Обыкновенный и серый тюлени обитают у побережья Кольского п-ова, летом обыкновенный тюлень единично проникает во внутренние заливы, для популяций этих тюленей характерно расширение (или восстановление) ареала, край которого – акватория, прилегающая к Кольскому п-ову [11–13]. Таким образом, в Белом море два вида тюленей имеют одинаковые ареалы и обитают в течение всего года: один вид массово обитает в открытой части моря часть годового цикла, а остальные виды встречаются единично летом с тенденцией на расширение присутствия.

**Питание настоящих тюленей в Белом море**

Материалы о питании настоящих тюленей в Белом море в последние 10–15 лет пополнились новыми данными о качественном и количественном составе пищи, особенностях сезонного питания, больше всего информации получено о питании нерпы и гренландского тюленя. Качественный состав питания морского зайца также пополнился новыми сведениями о составе пищи в неледовый период, и только о питании обыкновенного и серого тюленей в Белом море новых данных пока нет.

Таблица 2

Качественный состав питания тюленей в Белом море [11, 13, 14-17]

Объекты питания	Встречаемость в пробах*				
	морской заяц	нерпа	гренл. тюлень	серый тюлень	обыкн. тюлень
Гидроиды	?	?			
Ракообразные					
<i>Crangon crangon</i>	++	+	++		
<i>C. septem spinosa</i>		+	+		
<i>Pandalus annulicornis</i>		++	++		
<i>Sclerocrangon borealis</i>	++	+			
<i>Sabinea septem carinata</i>	+	+			
<i>Hyas araneus</i>	++				
<i>Eualus gaimardi</i>		+			
<i>Anonyx nugax</i>	++	++	++		
<i>Themisto libellula</i>	+	++	++		
<i>Th. abissorum</i>		+	+		
<i>Gammarus sp.</i>		+			
<i>Gammarellus homari</i>		+			
<i>Mesidothea entomon</i>	+	+			
<i>Mysis oculata</i>		+			
<i>Tysanoessa inermis</i>		+	++		
Decapoda (неопр.)	++	+	+	+	+
Amphipoda (неопр.)	++	+	+	+	+
Другие беспозвоночные					
<i>Nereis virens</i>	++	++			
<i>Nereis pelagica</i>	+	++			
<i>Nereis sp.</i>	+	+			
<i>Metriolium senile</i>	++				
<i>Mya arenaria</i>	++				
<i>Buccinum sp.</i>	+				
<i>Cardium sp.</i>	+				
Двустворчатые моллюски (неопр.)	+	+			
Рыбы					
Сиг-пыжьян <i>Coregonus lavaretus pidschian</i>	+	?		+	+
Лососевые (семга, кумжа, голец)**	+	?		+	+
Сельдь малопопозвонковая <i>Clupea harengus pallasii</i>	+	++		+	+
Песчанка <i>Ammodytes hexapterus marinus</i>	++	++	++		
Колюшка девятииглая <i>Pungitius pungitius</i>		++			



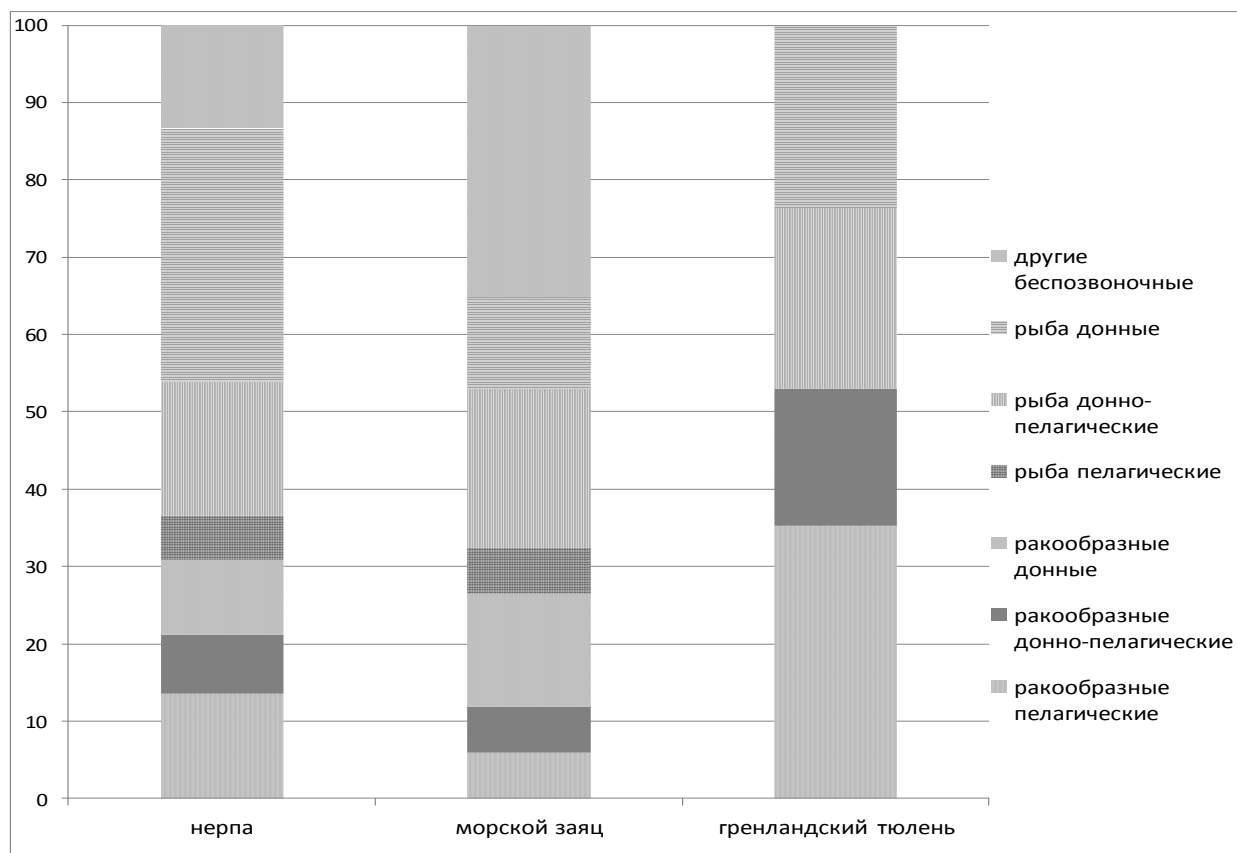
Объекты питания	Встречаемость в пробах*				
	морской заяц	нерпа	грелл. тюлень	серый тюлень	обыкн. тюлень
Колюшка трехиглая <i>Gasterosteus aculeatus</i>		++			
Полосатая зубатка <i>Anarhichas lupus</i>	+++	+++			
Маслюк обыкновенный <i>Pholisgunnelis</i>		+			
Люмпенус Фабриция <i>Lumpenus fabricii</i>		+			
<i>Lumpenus sp.</i>		+			
<i>Lycodes sp.</i>		+	+		
Европейская бельдюга <i>Zoarces viviparus</i>		+			
Бычок-керчак <i>Muchocephalus scorpius</i>	++	++	+		+
Ледовитоморская рогатка <i>M. Quadricornis labradoricus</i>		+			
<i>Gymnacanthus tricuspis</i>		+	+		
<i>Triglops murrayi</i>	+	+			
<i>Liparis liparis</i>		++	+		
<i>L. gibbus</i>		+			
<i>L. tunicatus</i>		+			
Камбала речная <i>Platichthys flesus bogdanovi</i>	++	++			+
Камбала полярная <i>Liopsetta glacialis</i>	+	++			
<i>Platessa platessa</i>		+			+
<i>Limanda limanda</i>		++			
Треска <i>Gadus morhua maris-albi</i>	+	+		+	+
Навага <i>Eleginus navaga</i>	++	++	+		
Сайка <i>Boreogadus saida</i>		+			
Мойва <i>Mallotus villosus villosus</i>	+	++	++	+	+
Корюшка <i>Osmerus eperlanus dentex n. Dvinensis</i>	++	+	+		
Иглокожие	?	?			
Асцидии	+	?			
Мшанки	+	+			

Примечание. \* ++ – часто встречается; + – редко встречается; \*\* кормится рыбой из сетей; ? – может изредка встречаться в питании.

Качественный состав пищи нерпы представлен 47 видами, родами и группами животных, среди которых пелагических объектов – 7, донно-пелагических – 17 и донных – 23. Среди беспозвоночных преобладают донные и донно-пелагические объекты. По частоте встречаемости доминируют *Nereis sp.* и *Anonyxпугах*, роды *Pandalus*, *Sabinea*. Пелагических видов немного, это некоторые креветки и гипериды *Themisto*, имеющие большой удельный вес в отдельных пробах (табл. 2, рис.). Среди рыб наиболее широко представлены донные и донно-пелагические виды (предпочтение отдается мелкой рыбе, 9–12 см длиной) – песчанка, навага, мойва и бычки, часто встречаются полярная и речная камбалы, корюшка, липарисы, маслюк, бельдюга, остальные рыбы составляют в питании незначительный процент [18]. Значение колюшек изучено недостаточно, однако есть основания считать, что трехиглая колюшка входит в число доминирующих видов среди объектов питания нерпы в Белом море, а девятииглая колюшка является обычным в питании объектом [19]. Пелагические рыбы представлены сельдью и сайкой, последняя в Белом море имеет второстепенное значение, хотя в других арктических морях сайка доминирует в питании нерпы. Зимой тюлени питаются преимущественно малопозвоноковой

сельдью, а при ее отсутствии – навагой, корюшкой, камбалами и колюшками [20]. Для нерпы характерна достаточно резкая сезонная смена объектов питания, когда в апреле тюлени начинают питаться ракообразными. Нерпа лабильна в питании, может иметь сразу несколько доминирующих объектов, обычно тюлень питается теми кормами, которые обнаруживает в достаточном количестве. Летом и осенью питание нерпы наиболее разнообразно и включает рыб, ракообразных и беспозвоночных. Осенью в пище нерпы могут преобладать (как по частоте встречаемости, так и по удельному весу в пробе) песчанка, мойва, полихеты, амфиподы, а также сельдь, навага, колюшки и пр. [14].

Качественный состав питания морского зайца в Белом море представлен ракообразными, моллюсками, червями и рыбой, всего отмечены 25 видов и групп организмов, обитающих в разных экологических зонах (см. табл. 2, рис.). Пелагические объекты представлены 4 видами, донно-пелагические – 11 и донные – 10 видами и группами.



Состав питания настоящих тюленей в Белом море. Соотношение донных, донно-пелагических и донных объектов в основных группах гидробионтов – ракообразные, рыбы, другие беспозвоночные (моллюски, полихеты, гидриды, мианки, асцидии и др.), %

Доминирующими в питании *морского зайца* в Белом море считаются декаподы, равноногие раки, двустворчатые моллюски, корюшка. Охотится морской заяц и на лососевых: в его питании отмечены голец, сиг, кумжа. Во время хода семги лахтак заходит в северные реки [13, 21]. В апреле – начале июня (в период разрушения ледовых полей) в пище отмечены декаподы (креветки, краб *Hyas araneus*), бычковые, мойва, корюшка, сельдь, навага, некоторые камбалы, а доминируют пелагические и донно-пелагические креветки (*Sclerocrangon*, *Crangon*), среди рыб – донный бычок-керчак. В то же время пелагические амфиподы (*Themistolibellula*), а также донно-пелагические мойва и навага отмечаются единично. Летом тюлени питаются

менее активно, так как до июля включительно переживают линьку. В это время в пище представлены все группы: рыба, декаподы, черви и моллюски, причем декаподы – наиболее часто. Осенью видовой состав беспозвоночных увеличивается, среди ракообразных преобладают пелагические креветки и придонные амфиподы (*Anonyx turgax*), рыба также составляет значительную долю в питании – бычок-керчак, навага, треска и камбалы [1, 17, 22]. Зимнее питание морского зайца в Белом море практически не изучено, предполагается, что основное значение в это время года имеет рыба (навага, возможно, сельдь).

Приоритеты в питании тюленя в разные сезоны меняются: рыба имеет наибольшее значение осенью, ракообразные в пище доминируют в течение всего неледового периода, другие беспозвоночные составляют незначительную долю. Моллюски летом вообще не были отмечены, возможно, из-за небольшого количества проб (2 пробы). Очевидно, что, в отличие от Баренцева моря, в Белом море доля рыбной компоненты в питании морского зайца возрастает, а доля моллюсков – уменьшается.

Питание **гренландского тюленя** в Белом море изучено для весеннего периода, т.к. пробы можно было получить только весной, в период промысла. О зимнем питании сведений нет вообще, считается, что гренландский тюлень питается преимущественно пелагическими рыбами и ракообразными, причем весной уровень потребления пищи тюленями низкий. Значительное место в питании гренландского тюленя в Белом и Баренцевом морях отводится пелагическим объектам – 11 видов, затем идут донно-пелагические – 15 и донные объекты – 16 (всего 42 вида, рода и группы) [13, 17].

По данным авторов настоящей статьи, в Белом море весной (апрель – май) у тюленей в возрасте 1 года и старше избирательность в питании не выражена, рыба и ракообразные – равноценные компоненты (см. табл. 2, рис.). Тюлени кормятся массовыми амфиподами, эвфаузидами, креветками, бычками, корюшкой, мойвой, песчанкой и навагой, осваивая в поисках пищи всю толщу воды от приповерхностных областей до дна. Среди рыб главенствующее значение имеют мойва и песчанка [23, 24].

Питание *серого тюленя* в Белом море не изучено, известно, что в Баренцевом море тюлени питаются пелагической рыбой, в том числе крупной – сельдью, мойвой, треской [11]. Поскольку тюлени в Белом море единично встречаются в Воронке, Горле и Кандалакшском заливе (в водах, омывающих Кольский п-ов), можно предположить, что серый тюлень здесь может питаться молодью трески, мойвой, сельдью и лососевыми видами рыб (см. табл. 2).

Питание *обыкновенного тюленя* в Белом море не изучено, у берегов Северного моря в желудках тюленей находили треску, бычков, сельдь, камбалу, редко лососевых и других рыб (см. табл. 2) [11].

### **Пищевые взаимоотношения тюленей в Белом море**

Трофические взаимоотношения настоящих тюленей в Белом море складываются в соответствии с особенностями для каждого вида тюленей использования кормовой базы моря. Абиотические условия существования фауны гидробионтов в Белом море обусловили ее труднодоступность по сезонам. Интенсивность использования кормовой базы тем или иным видом можно оценить, используя ряд показателей – избирательную способность, пищевую конкуренцию, пищевую пластичность, пищевую активность и пищевой потенциал. Исследование качественного состава питания тюленей показало, что виды питаются различными гидробионтами в соответствии со своим образом жизни. Нерпа и морской заяц кормятся преимущественно на литорали и в приостровных акваториях, гренландский тюлень – в пелагиали, а серый и обыкновенный тюлени, вероятно, имеют определенную избирательность, предпочитая пелагические объекты литорального комплекса. Пагофильные виды тюленей имеют высокую пластичность питания, свободно меняя доминирующие в питании объекты в зависимости от их доступности. В частности, нерпа заменяет сельдь мойвой, песчанкой, колюшкой и полихетой, морской заяц легко заменяет корюшку декаподами и тресковой рыбой,

а для гренландского тюленя избирательность в питании в Белом море отмечена только для сеголетков. Нерпа и морской заяц кормятся в течение всего года, периоды вынужденных голодовок связаны с абиотическими и гидрометеорологическими условиями разных районов моря. Гренландский тюлень обитает в Белом море только часть годового цикла, причем весной пустые пищеварительные тракты в пробах могут составлять до 90 %. Серый и обыкновенный тюлени заходят во внутренние районы моря только летом, на короткий период времени, возможно, следуя за треской. Широкие спектры питания тюленей позволяют предполагать, что кормовой потенциал моря не слишком велик (или доступен), а размеры кормовой базы, которую могут использовать тюлени, до сих пор неизвестны. В количественном отношении указанные выше трофические показатели представить достаточно сложно, за исключением пищевой межвидовой конкуренции, которую легче оценить как раз через численные характеристики.

При неизвестной кормовой базе индексом, показывающим степень пищевой конкуренции (СПК) видов, может служить модифицированный расчетный показатель К.В. Мартино и М.С. Карапетковой, используемый для оценки трофической межвидовой конкуренции рыб [25]:

$$\text{СПК} = a_1/a_2 \cdot d \cdot \text{СПР}_1 \cdot \text{СПР}_2 / 100$$

Для морских млекопитающих в качестве суточного рациона мы использовали средний вес кормовых объектов, потребляемый в сутки, а не величину суточного пищевого рациона в процентах от массы тела, поэтому данный показатель можно выразить следующим образом:

$$\text{СПК} = (a_1 \cdot \text{СПР}_2) / (a_2 \cdot \text{СПР}_1) \cdot d / 100$$

где СПК – степень пищевой конкуренции;  $a_1$ ,  $a_2$  – биомассы тюленей в Белом море, кг;  $\text{СПР}_1$ ,  $\text{СПР}_2$  – величины суточных пищевых рационов, кг;  $d$  – коэффициент сходства пищи по Шорыгину или сумма наименьших процентов общих для двух видов кормовых объектов, %.

Расчет общей биомассы для каждого вида тюленя сделан с использованием значения *средняя масса тела* и численного состава, полученного путем прямых учетов либо экспертной оценки (см. табл. 1). Результаты расчетов для оценки трофической межвидовой конкуренции настоящих тюленей в Белом море показали следующее (табл. 3).

Таблица 3

Количественный показатель пищевой конкуренции настоящих тюленей в Белом море

	Нерпа	Морской заяц	Гренландский тюлень	Серый тюлень	Обыкновенный тюлень
Нерпа		4.2	36.9	0.006	0.004
Морской заяц	9.4		63.2	0.018	0.011
Гренландский тюлень	0.4	0.3		0.001	0.001
Серый тюлень	466.6	645.1	8236.8		5.9
Обыкновенный тюлень	703.5	855.8	11521.7	12	

У нерпы и морского зайца, занимающих один ареал и имеющих весьма сходные спектры питания, пищевая конкуренция практически отсутствует (менее 10 усл. ед.). Показатель влияния нерпы на морского зайца выше, чем обратный, что можно объяснить более высокой численностью беломорской популяции нерпы. Оба тюленя широко используют в пищу донных и донно-пелагических гидробионтов, доля моллюсков в питании морского зайца в Белом море незначительна, однако доминирующие в питании рыбы и ракообразные совпадают лишь частично, а если рассматривать качественный состав питания тюленей в отдельных районах моря – практически не совпадают. Эти особенности позволяют обоим тюленям успешно

сосуществовать при условии сохранения баланса численности. Кроме того, полученные результаты позволяют предположить, что сезонное распределение нерпы и морского зайца в разных районах Белого моря не может быть смешанным и равномерным в пространстве по всему ареалу. Наши наблюдения показывают, что в местах летних скоплений нерпы морской заяц обычно малочислен [7, 16, 26]. Очевидно, что в разные сезоны года, особенно в период нагула, должны существовать определенные локальные точки, где морские зайцы также образуют достаточно стабильные во времени скопления, причем места таких скоплений могут быть обнаружены практически во всех районах Белого моря.

Нерпа не оказывает никакого влияния на гренландского тюленя, однако обратное влияние весьма существенно. Очевидно, что первостепенное значение здесь имеет высокая численность гренландского тюленя и использование им в питании одних и тех же с нерпой массовых видов пелагических и донно-пелагических объектов. Интересно, что количественный показатель влияния гренландского тюленя на морского зайца оказался еще более высоким, чем на нерпу. Возможно, что это также связано с большой разницей в численности этих тюленей. Однако интенсивность питания гренландского тюленя в Белом море низкая, кроме того, тюлень, являясь сезонным мигрантом, во время нагульного периода (лето – осень) уходит в Баренцево море, что позволяет не ухудшать кормовые условия для постоянно обитающих в море тюленей.

Теплолюбивые тюлени – серый и обыкновенный – не конкурируют с другими видами, обратные показатели влияния на них пагофильных тюленей оказались весьма высокими, однако при недостаточной информации о качественном составе питания этих тюленей в Белом море высокие значения говорят только о полном перекрывании спектров питания с фоновыми видами.

Степень сходства объектов питания во многом определяет величину показателя пищевой конкуренции между тюленями разных видов. Условия существования в почти закрытом водоеме с конечной и труднодоступной кормовой базой обуславливают постоянное численное соотношение популяций и сезонность распределения части видов тюленей в Белом море. Пагофильные тюлени имеют высокую численность и широкое распространение, используют в питании большое количество видов и групп гидробионтов из разных экологических ниш. В связи с этим пространственное распределение тюленей в разные сезоны года имеет свои особенности, это, в частности, разные ареалы постоянно обитающих видов и гренландского тюленя, а также наличие разных мест обитания нерпы и морского зайца в течение года.

Оценка межвидовой пищевой конкуренции среди настоящих тюленей показала наличие некоторой напряженности в пищевых отношениях гренландского тюленя с нерпой и морским зайцем, что объясняется высокой численностью беломорской популяции гренландского тюленя. Однако сезонность пребывания этого тюленя в Белом море снижает степень напряженности. Между нерпой и морским зайцем пищевая конкуренция отсутствует. Серый и обыкновенный тюлени не испытывают напряженности в пищевых отношениях с пагофильными тюленями только благодаря своей незначительной численности и сезонности пребывания в Белом море. Однако высокие значения показателя пищевой конкуренции говорят о вероятности пищевой конкуренции для этих тюленей с другими ластоногими при восстановлении своих прежних ареалов в Белом море.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Светочев В.Н., Светочева О.Н.* Морские млекопитающие: биология, питание, запасы // Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование // Исследования фауны морей. СПб.: РАН, 2012. Т. 69.(77). С. 261–286.
2. *Паленичко З.Г.* Итоги комплексных исследований в Онежском заливе Белого моря: материалы по комплексному исследованию Белого моря. М.; Л., 1957. Вып. 1. С. 15–43.
3. *Шавыкин А.А., Ильин Г.В.* Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного заражения. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2010. 110 с.
4. Красная книга РФ (животные). М.: АСТ; Астрель, 2001. 860 с.
5. IUCN Red List. Заголовок с экрана монитора. URL: <http://www.iucnredlist.org/>.
6. ICES2015. Report of the Working Group on Harp and Hooded Seals (WGHRP), 17–21 November 2014, Quebec City, QC Canada. ICESCM 2013/ACOM:20. 155 p.
7. *Светочев В.Н., Светочева О.Н.* Распределение и численность нерпы (*Pusa hispida*) и морского зайца (*Eryngathus barbatus*) в Белом море в июне 1993 г. // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: материалы докл. СПб., 1995. С. 139–141.
8. *Бондарев В.А.* Численность и распределение нерпы

(*Pusahispida*) и морского зайца (*Erygnathus barbatus*) в Белом море летом 2003 г. // Морские млекопитающие Голарктики: материалы III междунар. конф. (Коктебель, 11–17 октября 2004 г.). М.: ООО КМК, 2004. С. 85–88. **9.** Joint PINRO/IMR report on the state of the Barents Sea ecosystem 2006, with expected situation and considerations for management / ed. by J.E. Stiansen, A.A. Filin // MR/PINRO Joint Report Series. 2007. No. 2. 209 p. **10.** Joint Norwegian-Russian environmental status 2008. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II – Complete report / J.E. Stiansen, O. Korneev, O. Titov, P. Arneberg (Eds.); A. Filin, J.R. Hansen, A. Høines, S. Marasaev (Co-edsitors) // IMR/PINRO Joint Report Series. 2009(3). 375 p. **11.** Чапский К.К. Ластоногие и зубатые киты // Млекопитающие Советского Союза / под ред. В.Г. Гепнера. М.: Высшая школа, 1976. Т. 2, ч. 3. 718 с. **12.** Бычков В.А. Перспективы проникновения пятнистого тюленя в Белое море // Экол. птиц и тюленей в морях Сев.-Зап. России. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН, 1997. С. 196–211. **13.** Ластоногие. Китообразные // Фауна европейского Северо-Востока России. Млекопитающие / Н.М. Полежаев и др. 1998. Т. 2, ч. 2. С. 7-32; 190-242. **14.** Светочева О.Н. Характеристика питания кольчатой нерпы (*Pusa hispida*) в Белом море: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2005. 20 с. **15.** Потелов В.А. Питание морского зайца // Материалы рыбохоз. исслед. Вып. 18. Мурманск, 1971. С. 107–121. **16.** Светочева О.Н., Светочев В.Н. Нерпа Белого моря: численность, распределение, питание. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 241 с. **17.** Food habits of harp seals (*Phoca groenlandica*) during lactation and moult in March-May in the Southern Barents Sea and White Sea / K.T. Nilssen, T. Haug, V.A. Potelov, V.A. Stassenkov, Y. Timoshenko // ICES J. Mar. Sci. 1995. Vol. 52. P. 33–41. **18.** Светочева О.Н. Особенности питания нерпы (*Pusa hispida*) рыбой в Белом море // Морские млекопитающие Голарктики: сб. науч. тр. М., 2004. С. 498–504. **19.** Светочева О.Н. О питании нерпы колюшками (*Gasterosteidae*) в Белом море // Морские млекопитающие Голарктики: сб. науч. тр. по материалам 7-й междунар. конф. (Суздаль, 24–28 сент. 2012 г.). М., 2012. Т. 2. С. 218–222. **20.** Светочева О.Н., Светочев В.Н. Особенности зимнего питания нерпы (*Pusa hispida*) в Белом море // Морские млекопитающие Голарктики: сб. науч. тр. по материалам 6-й междунар. конф. (Калининград, 11–15 окт. 2010 г.). Калининград: Капрос, 2010. С. 507–510. **21.** Лукин Л.Р., Огнетов Г.Н. Морские млекопитающие Российской Арктики. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 202 с. **22.** Светочева О.Н. Питание морского зайца (*Erygnathus barbatus*) в Белом море // Всероссийская конференция с международным участием "Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере" (Сыктывкар, 8–12 апр. 2013 г.). Сыктывкар, 2013. С. 181–183. **23.** Светочев В.Н. Питание молодых гренландских тюленей (*Phoca groenlandica*) весной в Гренландском море // Морские млекопитающие Голарктики: сб. науч. тр. по материалам 6-й междунар. конф. (Калининград, 11-15 окт. 2010 г.). Калининград: Капрос, 2010. С. 511–513. **24.** Светочев В.Н., Светочева О.Н. Экология питания гренландского тюленя весной в Белом море // Доклады РАН. 2009. Т. 429, № 4. С. 571–573. **25.** Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО, 2006. 159 с. **26.** Светочева О.Н., Светочев В.Н. Биологический мониторинг нерпы (*Pusa hispida*) в западном секторе Российской Арктики и его основные параметры // Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях арктического и аридного климата: материалы междунар. науч. конф. (Ростов-на-Дону, 6–11 июня 2011 г.). Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2011. С. 334–337.

### Сведения об авторах

Светочев Владислав Николаевич – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории морских млекопитающих Мурманского морского биологического института КНЦ РАН;  
e-mail: svol@atnet.ru

Светочева Ольга Нагимовна – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории морских млекопитающих Мурманского морского биологического института КНЦ РАН;  
e-mail: svol@atnet.ru

УДК 581.555.22+574.21+ 58.051

## К ХАРАКТЕРИСТИКЕ МИНЕРОТРОФНЫХ ТРАВЯНЫХ БОЛОТ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И О НЕОБХОДИМОСТИ ИХ ОХРАНЫ

**И.В. Блинова**

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

### Аннотация

Самые северные в России минеротрофные травяные болота впервые описаны в 2014 г. в центральной части Мурманской обл. вместе с геологическими особенностями района. В настоящей работе дается характеристика двух других болот этого типа в южной части региона (Кандалакшский берег и остров Белого моря). На их территории отмечено 15 редких видов сосудистых растений. Оба находятся на территории объекта национального значения «Кандалакшский залив», включенного в список Рамсарских водно-болотных угодий. Одно из этих болот, на о. Ряжков, располагается на территории Кандалакшского государственного заповедника. Второе, у подножия горы Малая Куртяжная и на границе Рамсарского объекта, должно срочно получить охранный статус регионального значения из-за развития дачного строительства между г. Кандалакша и с. Лувеньга.

### Ключевые слова:

*минеротрофные травяные болота, редкие виды растений, Рамсарская конвенция, Мурманская обл.*



В центральной части Мурманской обл. известны пять минеротрофных травяных болот [1]. В них выявлено много редких видов растений из семейств Orchidaceae и Cyperaceae [2–4]. Возникновение этих типов болот связано с выходами (мета)габброидов, характеризующихся сравнительно высоким содержанием кальция, и близостью источников напорного увлажнения. Они редки в Мурманской обл., поскольку ее территория – часть обширной площади Балтийского (Фенноскандинавского) щита, сложенного кислыми кристаллическими породами [5, 6].

Цель данной работы – описание двух болотных систем минеротрофного типа в южной части Мурманской обл. (Кандалакшский берег и остров Белого моря), включающее особенности их экологии и флористического состава.

### Район и методика исследования

Работы проведены у южных склонов г. Малая Куртяжная и в С-СВ части о. Ряжков в 2013–2015 гг. (рис. 1). Для каждого болота составлены флористические списки (табл. 1). В них отмечены все виды болот без отнесения их к определенным растительным ассоциациям. Номенклатура для сосудистых растений приведена по С.К. Черепанову [7], мохообразных по М.С. Игнатову и О.М. Афоной [8], лишайников по Santesson et al. [9].

Картирование границ болот и определение их площадей проведено GPS-навигатором Garmin Dakota 20. Перенос маршрутных точек и треков делали в программу BaseCamp 4.2.5. Для построения карт использовали основные слои картирования Мурманской обл. (1:20000). Уточнение контуров лесных и открытых болотных участков, а также озерков проводили в Google Earth. Уровень освещенности, кислотность болотных вод и содержание в них солей были непосредственно измерены в полевых условиях портативными приборами (более подробно см. [1]).

*Геологические особенности районов исследования о. Рязков*

Территория острова сложена в основном биотитовыми, амфибол-биотитовыми, амфиболовыми и пироксен-амфибол-биотитовыми гнейсами [10]. Три небольших участка представлены метаморфизированными габбро, габбро-норитами и амфиболитами по ним (рис. 2), в которых среднее содержание кальция относительно высоко и достигает по массе около 10.9 %. Один из этих участков располагается в крайней северной части острова. Там же формируется исток ручья и образуется небольшое болото.

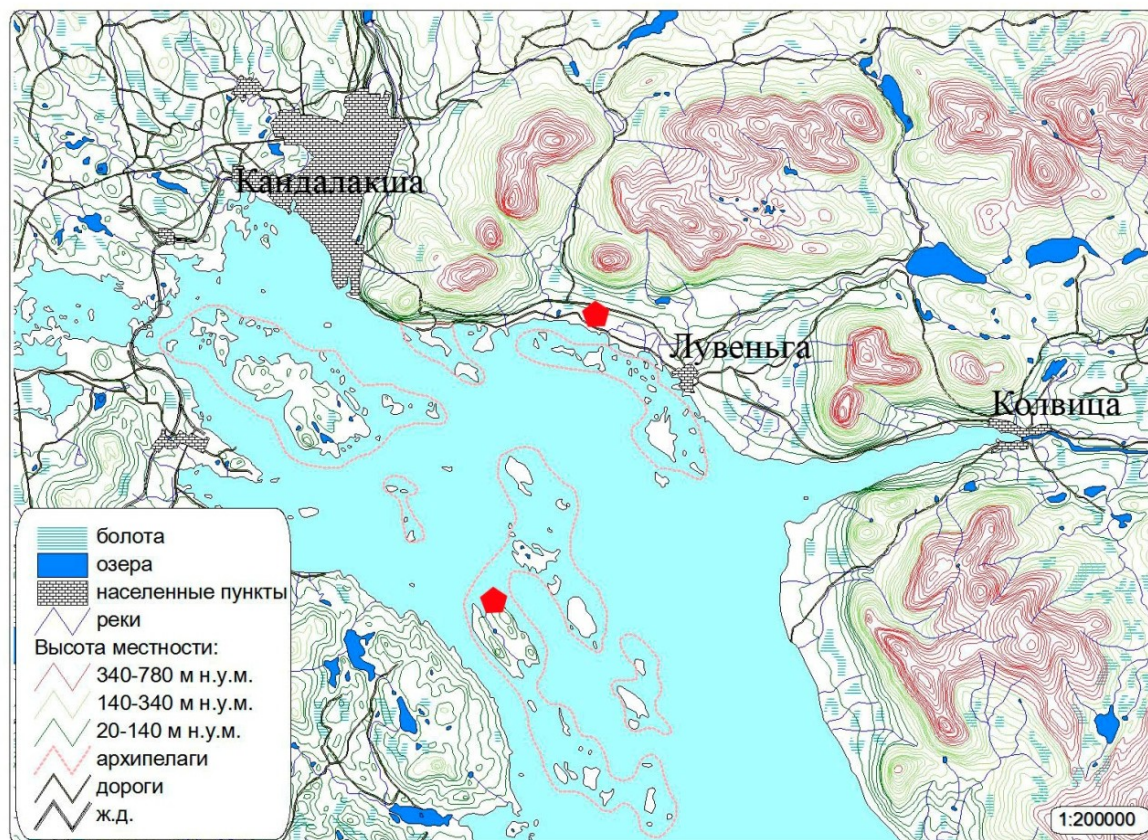


Рис. 1. Расположение изучаемых минеротрофных болот (обозначены пятиугольниками) в южной части Мурманской обл.

Таблица 1

Описание растительного покрова минеротрофных травяных болот в бассейне Кандалакшской губы Белого моря (Мурманская обл.)

Показатели	Минеротрофные болота	
	luv_fen	ryash_fen
Год исследования	2013–2015	2010
Освещенность, лк	36000	
Кислотность почвы (рН)	7.4	
Минерализация почвы, мг/л	30	
Электропроводность почвенных вытяжек, мкСм/см	55	
Общее проективное покрытие, %, в т. ч.	100	100



Показатели	Минеротрофные болота	
	luv_fen	ryash_fen
травяно-кустарничковый ярус	80	100
мохово-лишайниковый ярус	100	100
Общее число видов, в т. ч.	121	62
сосудистых	102	50
мохообразных	14	10
лишайников	4	2
грибов-аскомицетов	1	
Шкала покрытия: “r” = 1–3 особи; “+” = меньше чем 1 %, “1” = 1–5 %, “2a” = 5–15%, “2b” = 15–25 %, “3” = 25–50 %, “4” = 50–75 %, “5” = 75–100 %		
<u>Древесный ярус:</u>		
<i>Alnus kolaënsis</i>	+	+
<i>Betula subarctica</i>	1	1
<i>Padus borealis</i>	r	
<i>Pinus friesiana</i>	1	1
<i>Picea obovata</i>	r	
<i>Sorbus gorodkovii</i>	+	
<u>Кустарниковый ярус:</u>		
<i>Betula nana</i>	+	
<i>Juniperus communis</i>	+	+
<i>Juniperus sibirica</i>	1	
<i>Lonicera altaica</i>	+	
<i>Rosa acicularis</i>	r	
<i>Rubus idaeus</i>	r	
<i>Salix glauca</i>	+	
<i>Salix hastata</i>	1	
<i>Salix lapponum</i>	+	
<i>Salix myrsinities</i>	r	+
<i>Salix myrsinifolia</i>	+	
<i>Salix phylicifolia</i>	+	+
<i>Salix sp.</i>	+	
<u>Травяно-кустарничковый ярус:</u>		
<i>Andromeda polifolia</i>	+	+
<i>Avenella flexuosa</i>		+
<i>Baeothryon alpinum</i>	+	+
<i>Baeothryon cespitosum</i>	2a	+
<i>Bartsia alpina</i>	+	
<i>Calluna vulgaris</i>	+	+
<i>Calamagrostis epigeios</i>	+	
<i>Campanula rotundifolia</i>		+
<i>Carex acuta</i>	+	
<i>Carex adelostoma</i>		1
<i>Carex cespitosa</i>	+	
<i>Carex chordorrhiza</i>	+	
<i>Carex dioica</i>	+	1
<i>Carex echinata</i>	r	

Показатели	Минеротрофные болота	
	luv_fen	ryash_fen
Шкала покрытия: "r" = 1–3 особи; "+" = меньше чем 1 %, "1" = 1–5 %, "2a" = 5–15 %, "2b" = 15–25 %, "3" = 25–50 %, "4" = 50–75 %, "5" = 75–100 %		
<i>Carex flava</i>	1	1
<i>Carex globularis</i>		+
<i>Carex lasiocarpa</i>	2a	1
<i>Carex livida</i>	+	
<i>Carex nigra</i>	+	
<i>Carex panicea</i>	+	
<i>Carex pauciflora</i>	r	
<i>Carex rariflora</i>	+	
<i>Carex rostrata</i>	1	
<i>Carex recta</i>	r	
<i>Carex vaginata</i>		+
<i>Cirsium heterophyllum</i>	+	+
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	+	
<i>Comarum palustre</i>	r	
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	+	
<i>Dactylorhiza maculata</i>	+	+
<i>Dactylorhiza traunsteineri</i>	+	
<i>Drosera anglica</i>	+	+
<i>Drosera rotundifolia</i>	r	r
<i>Eleocharis quinqueflora</i>	r	
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	+	+
<i>Epilobium palustris</i>	r	
<i>Epipactis helleborine</i>		r
<i>Equisetum palustre</i>	r	
<i>Equisetum sylvaticum</i>	+	
<i>Eriophorum gracile</i>	r	
<i>Eriophorum latifolium</i>	1	+
<i>Eriophorum polystachion</i>	+	
<i>Eriophorum vaginatum</i>	r	
<i>Festuca rubra</i>	r	
<i>Galium uliginosum</i>	r	
<i>Galium boreale</i>	r	
<i>Geranium sylvaticum</i>	r	+
<i>Goodyera repens</i>		+
<i>Gymnadenia conopsea</i>	+	+
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	+	
<i>Hammarbya paludosa</i>	r	
<i>Huperzia selago</i>	r	
<i>Juncus stygius</i>	+	
<i>Juncus castaneus</i>	r	
<i>Ledum palustre</i>	+	+
<i>Lycopodium dubium</i>	+	
<i>Maianthemum bifolium</i>	r	+

Показатели	Минеротрофные болота	
	luv_fen	ryash_fen
Шкала покрытия: "r" = 1–3 особи; "+" = меньше чем 1 %, "1" = 1–5 %, "2a" = 5–15 %, "2b" = 15–25 %, "3" = 25–50 %, "4" = 50–75 %, "5" = 75–100 %.		
<i>Melica nutans</i>	r	+
<i>Menyanthes trifoliata</i>	2a	+
<i>Molinia caerulea</i>	2a	3
<i>Orthilia secunda</i>	r	r
<i>Oxycoccus palustris</i>	1	
<i>Parnassia palustris</i>	+	
<i>Pedicularis palustris</i>	+	
<i>Pinguicula alpina</i>	r	+
<i>Pinguicula vulgaris</i>	+	
<i>Phegopteris connectilis</i>	r	
<i>Phragmites australis</i>	2b	
<i>Platanthera bifolia</i>	+	+
<i>Potamogeton natans</i>	+	
<i>Potentilla erecta</i>	1	+
<i>Rubus chamaemorus</i>	+	+
<i>Rubus saxatilis</i>	r	+
<i>Sanguisorba officinalis</i>	+	+
<i>Saussurea alpina</i>	r	+
<i>Schoenus ferrugineus</i>	1	
<i>Selaginella selaginoides</i>	r	r
<i>Solidago lapponica</i>	+	+
<i>Sparganium minimum</i>	+	
<i>Tofieldia pusilla</i>	r	r
<i>Trientalis europaea</i>	r	+
<i>Triglochin palustre</i>	r	
<i>Utricularia intermedia</i>	+	
<i>Utricularia minor</i>	+	r
<i>Vaccinium myrtillus</i>	r	+
<i>Vaccinium uliginosum</i>	r	+
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	+	1
<i>Veratrum lobeliana</i>	r	
<i>Viola epipsila</i>	+	
<i>Viola montana</i>	r	
<u>Мохово-лишайниковый ярус:</u>		
<i>Aulacomnium palustre</i>	+	
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>		1
<i>Campyliadelphus chrysophyllus</i>	+	
<i>Campylium stellatum</i>	2a	1
<i>Cephalozia loitlesbergeri</i>	+	
<i>Dicranum acutifolium</i>	+	
<i>Dicranum bergeri</i>		2a
<i>Ditrichum flexicaule</i>		1
<i>Hylocomium splendens</i>		2b

Показатели	Минеротрофные болота	
	luv_fen	ryash_fen
Шкала покрытия: "r" = 1–3 особи; "+" = меньше чем 1 %, "1" = 1–5 %, "2a" = 5–15 %, "2b" = 15–25 %, "3" = 25–50 %, "4" = 50–75 %, "5" = 75–100 %.		
<i>Limprichtia cossonii</i>	2a	
<i>Limprichtia revolvens</i>	2a	2a
<i>Loeskyum badium</i>	+	
<i>Mylia anomala</i>	r	
<i>Pleurozium schreberi</i>		2a
<i>Pohlia nutans</i>	+	
<i>Pseudocalliergon trifarium</i>	2a	
<i>Scorpidium scorpioides</i>	2b	2a
<i>Sphagnum capillifolium</i>	2a	2a
<i>Sphagnum lindbergii</i>	1	
<i>Tomenthypnum nitens</i>		2a
<i>Cladonia mitis</i>	r	+
<i>Cladonia rangiferina</i>	r	+
<i>Cladonia stellaris</i>	r	
<i>Cladonia stygia</i>	+	
<i>Mitrula paludosa (Helotiaceae)</i>	r	

Кандалакшский берег у Лувеньгских тундр и подножия г. Малая Куртяжная. Между Кандалакшей и Колвицей наиболее близко к побережью подходят габбро-анортозитовые массивы, резко выделяющиеся на фоне вмещающих их гранито-гнейсов повышенным содержанием кальция [5]. Процесс заболачивания происходит вдоль южной подошвы г. Малая Куртяжная, где развивается обширный болотный массив и формируются четыре ручья, впадающих в Кандалакшскую губу Белого моря.

### Описание минеротрофных травяных болот Беломорского бассейна

Две болотные системы были изучены в южной части Мурманской обл.:

- заболоченный сосновый лес кустарничково-молиново-осоковый (ryash\_fen) располагается в северной части острова, к востоку от Северной губы (~67°02' с. ш.) в средней части склонов юго-западной экспозиции на высоте 30–40 м н.у.м. (рис. 2). В 2010 г. нами описан биотоп (14711 м<sup>2</sup>), в котором встречается единственная в Мурманской обл. популяция *Epipactis helleborine* (Orchidaceae) [11]. Растительное сообщество представляет собой светлый кустарничково-травяной сосновый лес с топкими понижениями в депрессиях скальных выходов высококальциевых горных пород (рис. 3). Из других древесных пород встречаются *Alnus kolaënsis* и *Betula subarctica*. Кустарничковый ярус представлен *Juniperus communis*. Общее число видов растений, отмеченных при кратком обследовании, составило 62, в том числе 50 сосудистых, 10 мохообразных и 2 лишайника (табл. 1). В этом же растительном сообществе отмечено еще 4 вида орхидных: *Dactylorhiza maculata*, *Goodyera repens*, *Gymnadenia conopsea*, *Platanthera bifolia*. Доминантами травяного яруса являются *Molinia caerulea* и осоки (*Carex adelostoma*, *C. dioica*, *C. lasiocarpa*, изредка *C. globularis*, *C. vaginata*). Из кустарничков, особенно по периферии скальных обнажений, обычны *Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum palustre*, *Empetrum hermaphroditum*, реже *Andromeda polifolia*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*. Широко представлено разнотравье из *Cirsium heterophyllum*, *Geranium sylvaticum*, *Potentilla erecta*, *Sanguisorba officinalis*, *Saussurea alpina*, *Solidago lapponica*, *Campanula rotundifolia* и злаков *Melica nutans*, *Avenella flexuosa*. Отмечены лесные (*Maianthemum bifolium*, *Orthilia*

*secunda*, *Rubus saxatilis*, *Trientalis europaea*) и болотные виды (*Baeothryon alpinum*, *B. cespitosum*, *Drosera anglica*, *D. rotundifolia*, *Eriophorum latifolium*, *Menyanthes trifoliata*, *Rubus chamaemorus*, *Tofieldia pusilla*). Хорошо выражен моховой ярус. На кочках и периферии биотопа преобладают зеленые мхи (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Tomenthypnum nitens*, *Dicranum bergeri*, изредка *Bryum pseudotriquetrum*, *Ditrichum flexicaule*) и сфагны (*Sphagnum capillifolium*). В мочажинах обычны кальцефильные мхи (*Campylium stellatum*, *Limprichtia revolvens*, *Scorpidium scorpioides*) и пузырчатковые (*Pinguicula vulgaris*, *Utricularia minor*). В зоне контакта со скальными выходами встречаются лишайники *Cladonia arbuscula* ssp. *mitis* и *C. rangiferina*;



Рис. 2. Расположение минеротрофного болота (ограничено контуром) на о. Ряжков (Северный архипелаг) в Кандалакшском заливе Белого моря. Примерные границы залегания высококальциевых горных пород показаны светлой полупрозрачной заливкой.



Центральная часть болота на о. Ряжков



Периферия болота на о. Ряжков

Рис. 3. Внешний вид минеротрофного болота на о. Ряжков (Северный архипелаг) в Кандалакшском заливе Белого моря.

● *склоновое пухоносowo-осоково-сфагново-гипновое болото (luv\_fen)* с комплексными кочковато-топяными участками находится в 9.5 км на В-ЮВ от г. Кандалакша (~67°07' с. ш.). Данная территория расположена в 2.8–4.3 км на запад-северо-запад от с. Лувеньга, к югу от г. Малая Куртяжная и в 1 км к востоку от ручья Песчаный (рис. 4). Вместе с прилегающими лесами болотная система занимает площадь около 0.6 кв. км и находится между новой шоссеиной дорогой Кандалакша – Лувеньга и старой лувеньгской дорогой, проходящей по побережью Кандалакшской губы Белого моря. Болото вытянуто на ~1.8 км вдоль побережья, не превышая максимальной ширины в 700 м. Общее число видов растений 121, в том числе 102 вида сосудистых, 14 мохообразных и 4 лишайника (табл. 1).



Рис. 4. Расположение минеротрофного болота (ограничено контуром) у подножия г. Малая Куртяжная на участке между г. Кандалакшей и с. Лувеньга. Внутри болотной системы сплошной заливкой показаны лесные и водные участки. Примерные границы залегания высококальциевых горных пород показаны светлой полупрозрачной заливкой

Впервые данное болото упоминается при описании сборов экспедиции 1913 г. финским ботаником Н. Lindberg [12]. Однако его детальное местоположение оставалось неопределенным. Эта часть Кандалакшского берега считалась хорошо изученной благодаря легкой доступности из-за рядом расположенных населенных пунктов и соседства Лувеньгского кордона Кандалакшского заповедника. Поиск этого местообитания был предпринят И.В. Блиновой в связи с новыми находками *Dactylorhiza traunsteineri* и *Schoenus ferrugineus* в 2011–2012 гг. в центральной части области и изучением их популяций\*. В 2012 г. было указано, что *Dactylorhiza traunsteineri* может быть обнаружена на болоте, описанном Н. Lindberg, поскольку

\* Предварительно были изучены и обсуждены с финскими специалистами и директором Кандалакшского заповедника А.С. Корякиным архивные материалы финской экспедиции 1913 г. Затем был проведен GIS-анализ ряда тематических карт Мурманской обл., подготовленных И.В. Блиновой во время написания докторской диссертации, и определен примерный район экспедиционных работ. Перед полевым сезоном 2013 г. эта рабочая карта с указанием района (от мыса Рай-Наволоок до восточных окрестностей с. Лувеньга) передана Министерству природных ресурсов и экологии Мурманской обл. и Е.А. Боровичеву (лаб. флоры ПАБСИ), а во время экспедиции подробная карта с маршрутом, привязанная к системе координат и загруженная в GPS-навигатор, Н.Р. Кирилловой, С.В. Асминг (лаб. популяционной биологии ПАБСИ). Транспорт с водителем был предоставлен ПАБСИ.

оба вида (*Dactylorhiza traunsteineri* и *Schoenus ferrugineus*) – диагностические для сообществ союза *Caricion davallianae* Klika 1934 [3]. В июле 2013 г. был организован целенаправленный поиск в восточных окрестностях с. Лувеньга и удалось найти болото, местоположение которого отвечало описанию Н. Lindberg [12]: «у подножия горы, разделенной на две» и «видимой из Кандалакши\*\* в сторону Колвицы». И в действительности, из центральной части обследованного нами болота в 3-СЗ направлении (кандалакшском) открывался обзор на две горы – Волосяную и Среднюю, разделенных притоком ручья Песчаного (рис. 5).

Также были получены первые флористические подтверждения\*\*\*, например, находка редкой орхидеи *Dactylorhiza traunsteineri* и ряда видов, отмеченных во время финской экспедиции 1913 г. [4]. В обзорной статье по *Schoenus ferrugineus* в Мурманской обл. нами указано, что «Линдбергское» болото обнаружено во время экспедиции 2013 г., но сам вид не найден из-за огромных размеров болотного комплекса, и что необходимы дальнейшие поиски [4]. При изучении обширной болотной системы в 2014 г. был обнаружен *Schoenus ferrugineus\*\*\*\**, причем как раз на участке с доминированием тростника. Это полностью соответствовало описанию Н. Lindberg [12] и принесло веское свидетельство в пользу отмеченного 100 лет назад местообитания. В отличие от маленькой по площади и численности популяции *S. ferrugineus* в окрестностях г. Апатиты на Лувеньгском болоте был обнаружен участок, где вид являлся доминантом<sup>‡</sup>. Это указывало на то, что жизнеспособность этой популяции высока и не изменилась за 100 лет в сравнении с данными Н. Lindberg [12]. Также во время ботанического обследования этой заболоченной территории отмечен ряд краснокнижных видов (*Dactylorhiza incarnata*, *Platanthera bifolia*, *Hammarbya paludosa*, *Carex echinata*, *Carex recta*, *Eriophorum gracile*), не известных в этой местности ранее. Этот факт позволяет предположить, что материалы Н. Lindberg относятся как раз к восточной части болота, где эти виды, кроме *P. bifolia*, редки или не встречаются.

\*\* До середины прошлого века названия населенных пунктов в этой местности распространялись и на прилегающий район. Кандалакша была мелким селом, но весь кут залива считался "Кандалакшей" (А.С. Корякин, перс. сообщ.).

\*\*\* После экспедиции наиболее интересные находки редких видов (*Dactylorhiza traunsteineri*, *Platanthera bifolia*, *Hammarbya paludosa* и др.) оформлены в гербарий КРАВГ, рекомендательное письмо о необходимости охраны данной территории отправлено в Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской обл.

\*\*\*\* В 2015 г. в «Трудах Карельского научного центра РАН» появилась работа М.Н. Кожина «Редкие виды сосудистых растений и растительные сообщества минеротрофного болота между Кандалакшей и Колвицей (Мурманская область), в которой он указывает на находки ряда редких видов (*Schoenus ferrugineus*, *Dactylorhiza incarnata*, *Platanthera bifolia*, *Hammarbya paludosa*, *Carex echinata*), сделанные в августе 2013 г. точно в той части болота, которая была обследована сотрудниками лаб. популяционной биологии ПАБСИ в июле 2013 г., и без разъяснения, как ему удалось найти эту территорию. В статье сообщается о том, что собранный гербарий был передан в ряд коллекций, в том числе в КРАВГ и MW. В действительности гербарий этих видов, датированный 16.08.2013, существует в гербарии Московского государственного университета, но отсутствует в гербарии ПАБСИ. Информация относительно гербарных сборов *Schoenus ferrugineus* в российских гербариях, представленная М.Н. Кожиним, также не соответствует действительности. Например, он утверждает, что в отечественных гербариях, даже таких крупных, как LE, сборов финской экспедиции не было. Однако, это не так. Н. Lindberg собрал много образцов с Лувеньгского болота, дубликат № 491 был отправлен в LE, где и хранится до настоящего времени, и данные этикеток были им опубликованы [4]. Также ошибочным является утверждение о том, что самый первый сбор сценуса с о. Великий, собранный Е.И. Курченко (МГПУ) в 1958 г. (MW), связан с практиками студентов МГУ под руководством В.Н. Вехова (Курченко, перс. сообщ.). Относительно выделения в статье новой для Мурманской обл. ассоциации *Trichophoro-Schoenetum ferruginei* Görs 1964 можно отметить, что собранных данных недостаточно, в особенности по Лувеньгскому болоту, где автор видел и описал лишь небольшую площадь. Именно поэтому ранее мы относили ряд сообществ к союзу *Caricion davallianae* Klika 1934 без выделения ассоциаций [3, 4].

‡ В новом издании Красной книги Мурманской обл. (2014) и вышеупомянутой статье М.Н. Кожиним опубликованы неточные данные о состоянии популяции *Schoenus ferrugineus* на «Линдбергском» болоте, поскольку речь идет об описании им участка 25м<sup>2</sup> в той части болотной системы, где вид наименее представлен (проективное покрытие 5-10%). В настоящей статье мы указываем 5% в среднем для всего болота, включая большую территорию, обследованную нами в 2014 г. Как раз там обычно уникальные участки, на которых он достигает проективного покрытия 50-80%. В новом, 2014 г., краснокнижном очерке по этому виду, хотя и правильно указан статус редкости, рекомендованный ранее [4], автором безосновательно даны некоторые критерии для его выделения. Также в нем содержатся неточности, касающиеся морфологии, особенностей сезонного развития, популяционной структуры, лимитирующих факторов в региональных сообществах и устаревшие данные по распространению этого вида в России.



Участок Лувеньгского болота с доминированием *Schoenus ferrugineus* и *Phragmites australis*



Участок Лувеньгского болота с доминированием *Molinia caerulea* и участием орхидных (*Gymnadenia conopsea*)



Участок переходной олиго-мезотрофной части Лувеньгского болота с *Hammarbya paludosa*



Олиготрофный участок Лувеньгского болота с *Eriophorum polystachion*

Рис. 5. Внешний вид комплексной болотной системы на Кандалакиском берегу Белого моря (Мурманская обл.)

Сложная болотная система состоит из совокупности открытых участков болота (65 % покрытия), лесных участков, преимущественно расположенных по северной периферии болота (27 %), озерков и заполненных водой понижений (8 %), преобладающих в южной части (рис. 4). Высота местности понижается от северной к южной границе от 40 м до 0 м н.у.м. На заболоченной территории берут начало и протекают четыре ручья, впадающие в Кандалакшскую губу. Западные части являются олиго- и мезотрофными с преобладанием травяно-кустарничковой растительности, а восточные мезо- и эвтрофными с господством *Phragmites australis* и *Schoenus ferrugineus* (рис. 5). На кочках обычен *Sphagnum capillifolium*. В мочажинах широко представлены кальцефильные мхи (*Campyliadelphus chrysophyllus*, *Campylium stellatum*, *Limprichtia cossonii*, *L. revolvens*, *Scorpidium scorpioides*, *Pseudocalliergon trifarium*) и пузырчатковые (*Pinguicula alpina*, *P. vulgaris*, *Utricularia minor*, *U. intermedia*). В топких понижениях нередко встречаются водные макрофиты (*Potamogeton natans*, *Sparganium minimum*). На кочках и приствольных кругах в западной части болота растут лишайники из рода *Cladonia*.

В настоящее время можно говорить только о начальном этапе изучения этой обширной болотной системы и предполагать, что флористический список в будущем увеличится. Причем можно ожидать увеличения числа не только широкораспространенных, но и редких видов.



## Уникальность минеротрофных травяных болотных систем в Мурманской области и их охранный статус в регионе

Минеротрофные болота флористически очень богаты и видоспецифичны [13–20]. Они распространены широко в Европе, но повсюду локальны [21]. В Мурманской обл. встречаются самые северные в России минеротрофные болота [1].

В российский Рамсарский список включено 35 объектов международного значения, из которых «Кандалакшский залив» находится в Мурманской обл. [22–24]. Этот объект № 110 включает 850 островов Кандалакшской губы и часть Кандалашского берега, относящегося к территории Кандалакшского заповедника. В список ценных болот водно-болотных угодий России из 51 внесены два ценных региональных болота (Чалмны Варре<sup>ff</sup> и болотная система «Морские мхи»<sup>fff</sup>). В список перспективных объектов («теневой») России из 157 внесены еще 4 объекта из Мурманской обл. (3 архипелага Баренцева моря и территория заповедника Пасвик).

Официально Рамсарские угодья находятся под юрисдикцией федерального и регионального органов, либо только регионального. В действительности на региональном уровне в Мурманской обл. их современный охранный статус не ясен. Действительные меры охраны предусмотрены только в отношении объектов, уже находящихся на охраняемых территориях заповедников и заказников, либо включенные в региональные списки особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Так, 26 % территории национального объекта «Кандалакшский залив» относится к Кандалакшскому заповеднику, болото Чалмны Варре к Понойскому заказнику. Болотная система «Морские мхи» должна войти в состав национального парка «Терский берег», но в настоящее время специальных мер охраны пока не предпринято. Поэтому Полярно-альпийский ботанический сад-институт предложил Минприроды Мурманской обл. разработать и опубликовать в 2015 г. концепцию водно-болотных угодий региона, включенных в Рамсарский список.

Наибольшие неясности по охране возникают относительно объекта национального значения «Кандалакшский залив», в особенности территорий, которые не относятся к Кандалакшскому заповеднику, а принадлежат к границам угодья. Земли Кандалакшского берега находятся в ведении разных уровней власти (как местной, так и федеральной). По «Лесохозяйственному регламенту Кандалакшского лесничества» от 2008 г. часть территории болота относится к квадрату «зеленой зоны», другая к «нерестоохраняемым полосам лесов». Но вокруг Лувеньгского минеротрофного болота идет активное дачное строительство. Оно как раз находится на границе Рамсарского объекта № 110.

Всего в этой болотной системе встречаются 15 редких видов растений (табл. 2). Популяции *Schoenus ferrugineus* (Сурепaceae) (вид категории 1б) и *Dactylorhiza traunsteineri* (Orchidaceae) (вид категории 1а) являются самыми крупными в регионе. Также в лесных участках отмечены *Rosa acicularis* и *Lonicera altaica*, а на приморских лугах *Blismus rufus* (все виды категории 3) и *Primula finmarchica* (БН). Полярно-альпийский ботанический сад-институт как учреждение-куратор Красной книги Мурманской области по объектам растительного мира рекомендовал Министерству природных ресурсов и экологии Мурманской обл. срочно включить данную территорию в реестр региональных ООПТ и провести ее проектирование уже в 2015 году<sup>ffff</sup>. В ответ Министерство направило официальное письмо в Администрацию муниципального образования городского поселения Кандалакша, в котором рекомендовало организовать работы по сохранению редких видов растений на подведомственной территории. Второе описанное в

<sup>ff</sup> Около пос. Чалмны-Варре (Ивановка).

<sup>fff</sup> Побережье между деревнями Варзуга и Кузомень.

<sup>ffff</sup> Сразу после первого обследования болота в 2013 г. и после следующей экспедиции и более подробного анализа материала в 2014 г. И.В. Блиновой были подготовлены письма в Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской обл., в Минприроды России, Комитет Государственной думы Федерального собрания Российской Федерации по природным ресурсам, природопользованию и экологии и Федеральную службу по надзору в сфере природопользования.

данной работе болото на о. Ряжков находится в центре Рамсарского угодья «Кандалакшский залив» и на охранной территории Кандалакшского заповедника. Поэтому его сохранность в настоящее время не вызывает сомнений.

Таблица 2

Редкие виды сосудистых растений, представленные на минеротрофных травяных болотах\*  
о. Ряжков и у подножия г. Малая Куртяжная

	Виды	Минеротрофные травяные болота	
		luv_fen	ryash_fen
1	<i>Carex echinata</i>	3	
2	<i>Carex recta</i>	3	
3	<i>Carex livida</i>	БН	
4	<i>Coeloglossum viride</i>		БН
5	<i>Dactylorhiza incarnata</i>	2	
6	<i>Dactylorhiza traunsteineri</i>	1a	
7	<i>Epipactis helleborine</i>		1a
8	<i>Eriophorum gracile</i>	3	
9	<i>Eriophorum latifolium</i>	БН	БН
10	<i>Goodyera repens</i>		БН
11	<i>Gymnadenia conopsea</i>	БН	БН
12	<i>Hammarbya paludosa</i>	1б	
13	<i>Platanthera bifolia</i>	2	2
14	<i>Schoenus ferrugineus</i>	1б	
15	<i>Viola montana (V. nemoralis Kuetz)</i>	БН	
	Всего	10	6

*Примечание.* Указана категория по «Перечню видов растений, занесенных в Красную книгу Мурманской обл.» (2014) или «Перечню видов растений, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде Мурманской обл.» (2014) – бывшая группа бионадзора «БН».

Из других болот, которые охраняются или предполагаются для охраны в Мурманской обл., следует назвать «Эфтрофное болото Южного Прихибинья», «Хям-ручей», «Ключевое болото Турьего полуострова» (список действительных ООПТ), «Мочажинное болото г. Апатиты» (список проектируемых ООПТ). «Мочажинное болото г. Апатиты» и «Хям-ручей» внесены также в число объектов Изумрудной книги России [25, 26]. В отношении пяти минеротрофных болот из центральной части Мурманской обл. Полярно-альпийский ботанический сад-институт в 2014 г. передал полную документацию для планирования и включения их в состав ООПТ в региональное Министерство природных ресурсов и экологии. В свою очередь это Министерство направило официальное письмо в администрацию г. Апатиты, в котором рекомендовало учитывать расположение уникальных болот при будущем градостроительстве.

Автор признателен бриологам Т.П. Друговой, А.Ю. Лихачеву, Ю.С. Мамонтову (ПАБСИ КНЦ РАН) за определения и подтверждение определений мохообразных, Л.А. Коноровой за определение лишайников, В.А. Смагину (БИН РАН) за консультации по классификации болот, М.Н. Петровскому и Г.Ю. Иванюку (ГИ КНЦ) за консультации по геологии о. Ряжков и Лувеньгских тундр. За поддержку в полевых работах автор выражает благодарность Н.Р. Кирилловой (ПАБСИ КНЦ РАН), С.В. Асминг, (КФ ПетрГУ), Л.А. Москвичевой (Кандалакшский природный заповедник), а также Р. Uotila (Helsinki University, Finland) за перевод статьи Н. Lindberg (1914) на английский, А.С. Корякину (Кандалакшский государственный заповедник) за обсуждение маршрутов финских экспедиций, М. Dean (Edge Hill

\* В этот список не внесены редкие виды, встречающиеся на лесных и приморских участках.

University, UK) за комментарии по систематике осок (*Carex acuta*, *C. recta*), G.H. Harper (RBGE, UK) за проверку английского языка в резюме.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Блинова И.В., Петровский М.К. К характеристике минеротрофных травяных болот в центральной части Мурманской области и о необходимости их охраны // Вестник КНЦ РАН. 2014. Вып. 18 (3). С. 38–55.
2. Блинова И.В. Биология орхидных на северо-востоке Фенноскандии и стратегии их выживания на северной границе распространения: дис. ... докт. биол. наук. Рукопись. М., 2009. 552 с.
3. Blinova I., Uotila P. *Dactylorhiza traunsteineri* (Orchidaceae) in Murmansk Region (Russia) // Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica. 2012. Vol. 88. P. 67–79.
4. Blinova I., Uotila P. *Schoenus ferrugineus* (Cyperaceae) in Murmansk Region (Russia) // Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica. 2013. Vol. 89. P. 65–74.
5. Геология СССР. Т. XXVII. Ч. 1. Мурманская область / под ред. Л.Я. Харитоновой. М.: Госгеолтехиздат, 1958. 714 с.
6. Геология рудных районов Мурманской области / В.И. Пожиленко и др. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. 359 с.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. Спб., 1995. 992 с.
8. Игнатов М.С., Афонина О.М. Список мхов территории бывшего СССР // Arctoa. М., 1992. Т. 1. С. 1–87.
9. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia / R. Santesson, R. Moberg, A. Nordin, T. Tonsberg, O. Viikainen. Uppsala, 2004. 359 p.
10. Геологическое строение Енского слюдоносного района Ю-Ю-3 Кольского п-ова. Сводный отчет по детальным геолого-поисковым работам масштаба 1:50 000 за 1950–1956 гг. Графические приложения / Л.В. Калафату и др. Апатиты, 1957. 10 л. Фонд № 2. Описание 13. Ед. хр. 145. 1972.
11. Блинова И.В. *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, Дремлик широколистный (Orchidaceae), о. Рязков, Северный архипелаг, 2010 г. // Летопись природы Кандалакшского заповедника / под ред. А.С. Корякина. Кандалакша, 2011. Кн. 56. Т. 2. С. 56–62.
12. Lindberg H. 1914: Anmärkningsvärds växtfynd gjorda under en resa sommaren 1913 genom Kuolajärvi till Knjasha vid Hvita hafvet andt vid Kandalakscha // Meddelanden Soc. Fauna Flora Fennica 40: 18–28.
13. ŠeffEROVÁ StanOVÁ V., ŠeffER J., Janák M. Management of Natura 2000 habitats. 7230 Alkaline fens. European Communities, 2008. 20 p.
14. Мулдашев А.А., Мартыненко И.Б. К охране редких видов растений болот в Республике Башкортостан // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12, №1(5). С. 1417–1420.
15. Растительность памятника природы «Урочище Нарат-Саз» / В.Б. Мартыненко и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3 (4). С. 1368–1373.
16. Флора карстовых болот Башкирского Предуралья / Э.З. Баишева и др. // Ботан. журн. 2012. Т. 97, № 8. С. 26–55.
17. Ивченко Т.Г. Редкие болотные сообщества с *Schoenus ferrugineus* L. на территории Челябинской области (Южный Урал) // Бот. журн. 2012. Т. 97(6). С. 783–790.
18. Смагин В.А., Денисенков В.П. Евтрофные болота северного побережья озера Воже // Бот. журн. 2013. Т. 98(7). С. 867–885.
19. Смагин В.А., Носкова М.Г., Денисенков В.П. Схенусовые болота северного берега озера Воже // Бот. журн. 2015. Т. 100(3). С. 277–289.
20. Блинова И.В. Изменения окружающей среды и устойчивость редких видов растений в болотных фитоценозах Мурманской области (Россия) // Водно-болотные угодья и пути миграции птиц в Баренцевом / Евроарктическом регионе и вдоль зеленого пояса Фенноскандии: материалы междунар. науч.-практич. конф. (Мурманск, 13–15 сентября 2011 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 171–179. [на русском и английском].
21. Biogeographic patterns of base-rich fen vegetation across Europe / B. Jiménez-Alfaro, M. Hájek, R. Ejrnaes, J. Rodwell, P. Pawlikowski, E.J. Weeda, J. Laitinen, A. Moen, A. Bergamini, L. Aunina, L. Sekulová, T. Tahvanainen, F. Gillet, U. Jandt, D. Dítě, P. Hájková, G. Corriol, H. Kondelin, T.E. Díaz // Applied Vegetation Science. 2014. Vol. 17(2). P. 367–380.
22. Водно-болотные угодья России. Т. 2. Ценные болота / под общ. ред. М.С. Боч. М.: Wetlands International Publication, 1999. № 49. 88 с.
23. Водно-болотные угодья России, имеющие международное значение / под ред. А.А. Сирина. М.: Российская программа Wetlands International, 2013. 48 с.
24. Водно-болотные угодья России: сайт. URL: <http://www.fesk.ru/about.html> (дата обращения: 22.01.2015).
25. Королёва Н.Е., Костина В.А. Мочажинное болото г. Апатиты // Изумрудная книга Российской Федерации. Территории особого природоохранного значения Европейской России. Предложения по выявлению. Ч. 1 / под ред. Н.А. Соболева, Е.А. Белоновской. М.: Институт географии РАН, 2011–2013. С. 42.
26. Хям-ручей / Н.А. Константинова и др. // Изумрудная книга Российской Федерации. Территории особого природоохранного значения Европейской России. Предложения по выявлению. Ч. 1 / под ред. Н.А. Соболева, Е.А. Белоновской. М.: Институт географии РАН, 2011–2013. С. 51.

## Сведения об авторе

Блинова Илона Владимировна – д.б.н., зав. лаб. популяционной биологии растений Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН;  
e-mail: [ilbli@yahoo.com](mailto:ilbli@yahoo.com)

УДК 332.14; 338; 339

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ АНТИРОССИЙСКИХ САНКЦИЙ\*

Н.А.Серова, Т.П.Скуфьина

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

### Аннотация

Проведен анализ ситуации в российской экономике в условиях введения антироссийских экономических санкций. Определена позиция Мурманской обл. и основные направления ее развития. Предложены антикризисные меры в части общих перспектив управления и обозначены возможные объективные угрозы этих мер.

### Ключевые слова:

*экономический кризис, антироссийские санкции, антикризисные меры, Мурманская область.*



Первые санкции в отношении России с целью ее международной изоляции были введены в марте 2014 г. после подписания декларации о вхождении Крыма и Севастополя в состав РФ. Инициатором введения ограничительных политических и экономических мер в отношении России выступили США. Рискую понести значительный экономический ущерб, санкции поддержали и страны Евросоюза, а также Австралия, Новая Зеландия и Канада (рис. 1).

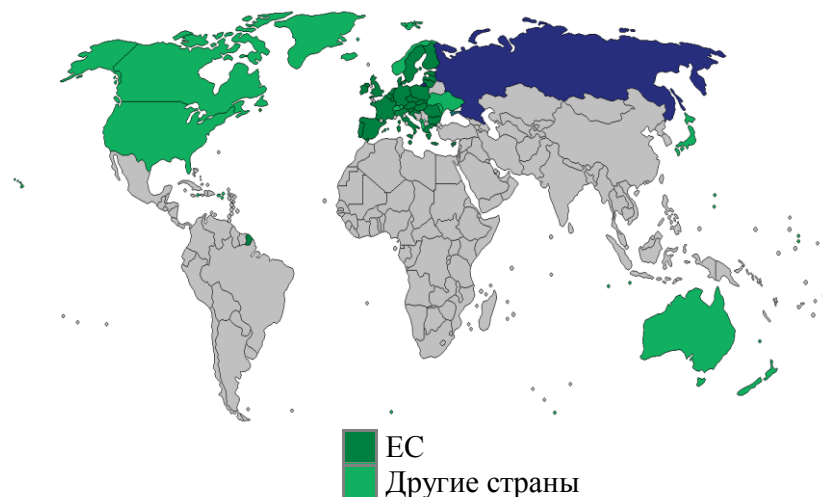


Рис. 1. Страны, которые ввели санкции против России в 2014 г. [1]

Россию обвинили в военной агрессии против Украины и ввели визовые ограничения для некоторых политиков, бизнесменов, военных, журналистов (всего около 150 чел.). Было

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №11-06-00030 «Эконометрическая оценка развития межрегиональной дифференциации в России и прогноз влияния ВТО на динамику процесса» и гранта РГНФ №14-02-00128 «Трансформация социально-экономического пространства Севера России и альтернативы развития».

приостановлено инвестиционное и военное сотрудничество, в том числе наложены ограничения на экспорт и импорт вооружения и продукции оборонной промышленности, запрещены поставки оборудования и технологий для разработки нефтяных и газовых месторождений. Кроме того, были заморожены активы крупнейших российских банков с государственным участием (Сбербанк, ВТБ, Внешэкономбанк, Газпромбанк и др.), а выдача им долгосрочных кредитов запрещена.

Таким образом, прекращение действия в минувшем году двух ключевых факторов, на которых строилась предыдущая модель развития российской экономики, а именно благоприятная конъюнктура мировых сырьевых рынков и доступ к дешевым международным финансовым ресурсам, нарушило экономическую стабильность в стране, длившуюся с начала 2000-х гг.

Подешевевшая нефть, снизившая экспортные доходы России, а также антироссийские санкции, ограничивающие возможности по привлечению финансирования на внешних рынках, привели к резкому падению курса рубля (рис. 2). С начала 2014 г. курс рубля к доллару снизился с 32.7 до 67.15, евро – с 45.1 до 76.26. Обесценивание рубля началось в конце августа, и только с сентября по декабрь рубль потерял более 30 % к доллару и четверть к евро.

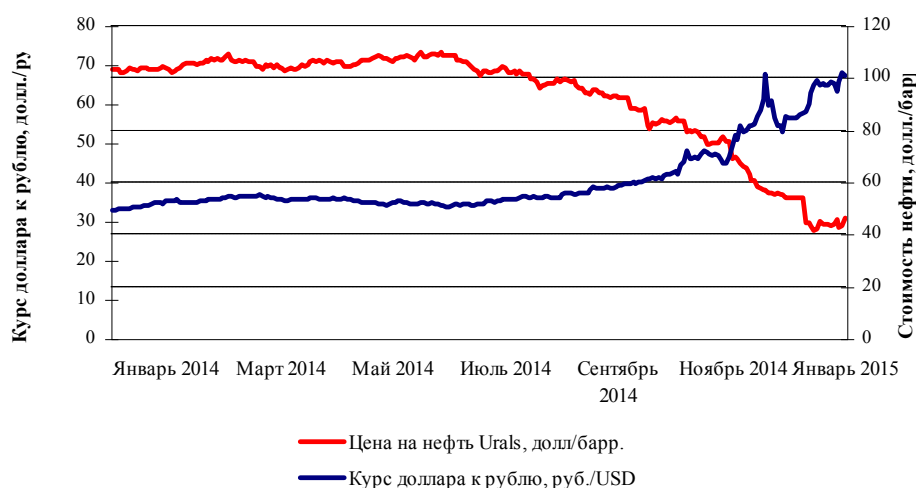


Рис. 2. Цены на нефть и валютный курс в 2014 г. Источник: составлено авторами на основе данных Министерства экономического развития и Центрального банка РФ

Санкции, падение нефтяного рынка, девальвация рубля наряду с продолжающимся геополитическим кризисом на Украине привели к значительному оттоку капитала из России и повлияли на ее позиции в международных рейтингах. По данным Центрального банка РФ, отток чистого капитала в 2014 г. составил 134 млрд долл., где 49 млрд долл. – за четвертый квартал. В связи с этим международные рейтинговые агентства Moody's, Fitch и Standard and Poor's (S&P) понизили кредитный рейтинг России до уровня ВВВ- (самый низкий рейтинг в инвестиционной категории, т.е. обязательства ниже среднего качества), изменив при этом прогнозы по долгосрочному рейтингу со «стабильного» на «негативный». В начале текущего года агентство S&P снизило кредитный рейтинг России уже до спекулятивного ВВ+ (так называемого «мусорного»), что тут же существенно сказалось на курсе рубля – в среднем евро и доллар подорожали на 5 руб. каждый. Россия также не вошла в 2014 г. в топ-25 рейтинга А.Т. Kearney, определяющего уровень доверия иностранных инвесторов (для сравнения в 2013 г. Россия занимала в указанном рейтинге 12-е место) [2, с. 79–80].

Девальвация рубля наряду с продовольственным эмбарго, которое правительство РФ ввело в ответ на антироссийские санкции, привели к ускорению инфляции. Так, по данным Росстата

уровень инфляции в 2014 г. составил 11.4 %, а в 2015 г. прогнозируется 13 %. Непродовольственные товары в 2014 г. подорожали на 8.1 %, продовольственные – на 15.4 %, из них наиболее подорожала гречневая крупа (рост почти на 80 % за год), белокочанная капуста (44 %), сахарный песок (38 %), курица и свинина, яблоки, помидоры, рыба, рис, сыр и молочные продукты.

Кроме того, кризис российской экономики отразился и на тарифах ЖКХ – в отдельных регионах тарифы выросли в несколько раз. Например, в Ивановской обл. на 260 %, в Чувашии – на 223.7 %.

Резко снизился уровень жизни населения. По данным Росстата уже в ноябре 2014 г. реальные денежные доходы населения упали на 4.7 %. С углублением кризиса в 2015 г. падение доходов россиян продолжится и может составить по различным прогнозам 8–10 %. Число бедных в 2014 г. достигло 15.7 млн чел. и их количество будет только увеличиваться.

В конце января Правительство РФ обнародовало антикризисный план на 2015 г., в котором на реализацию антикризисных мер предусмотрено 2.3 трлн руб. На мероприятия в сфере занятости будет выделено около 52.2 млрд руб., на социальные выплаты безработным до 30 млрд руб., будут также проиндексированы страховые пенсии. Большинство категорий расходов бюджета в 2015 г. предполагается сократить на 10 %, в частности, планируется сокращение расходов на функционирование органов власти.

Антикризисный план содержит меры, которые позволят снизить налоговую нагрузку на малый и средний бизнес. Один из ключевых его пунктов – расширение двухлетних «налоговых каникул» для впервые зарегистрированных индивидуальных предпринимателей. Также вводятся «налоговые каникулы» для малого бизнеса в производственной, социальной и научной сферах, бытовых услуг. При этом в антикризисном плане предусмотрено право регионов снижать ставки для налогообложения в виде единого налога на вмененный доход для малого бизнеса с 15 до 7.5 % и налога на доходы с 6 до 1 % для упрощенной системы налогообложения.

Кроме того, антикризисный план содержит меры по импортозамещению и поддержке несырьевого экспорта, что в условиях санкций является одним из самых эффективных шагов по повышению безопасности страны. Однако следует отметить, что сокращение импорта не приведет к скорому развитию отечественной промышленности, так как около 80 % нового оснащения в российской промышленности и сельском хозяйстве составляет импорт, а поднятие процентной ставки ЦБ РФ до 17 % отрезало для предприятий кредитные ресурсы.

Как отмечалось выше, экономические санкции в отношении России значительно затронули топливно-энергетический комплекс, а именно: был введен запрет на оказание услуг, связанных с нефтедобычей (касательно глубоководных, арктических проектов и сланцевой нефти); запрет на поставки оборудования для глубоководной добычи (свыше 152 м) и технологий нетрадиционной добычи энергоносителей; запрет на инвестиции в проекты транспортного и энергетического секторов, а также добывающей промышленности. Поэтому следует ожидать, что именно в нефтегазовых, а также промышленно развитых регионах, к которым относится и Мурманская обл., негативное влияние кризиса будет наиболее острым.

Уже сейчас реальные денежные доходы населения Мурманской обл. уменьшились на 3.7 % по сравнению с 2013 г. [3]. Уровень зарегистрированной безработицы в 2014 г. составил 6.7 %. В дальнейшем безработица будет усиливаться, особенно в монопрофильных городах. В этих условиях актуальным становится опыт поддержки занятости в моногородах: поэтапное сокращение со значительными выходными выплатами; перевод работников в рамках одного предприятия на другие должности; практика неполной занятости и административных отпусков; поддержка малого бизнеса.

По данным Министерства экономического развития Мурманской области в 2014 г. сократились индексы промышленного производства – 97.8 % относительно 2013 г. Индекс физического объема инвестиций в основной капитал составил за январь – сентябрь 2014 г. 98.6 % по отношению к январю – сентябрю 2013 г.

В связи с падением экспортных грузоперевозок из-за ухудшения конъюнктуры мирового рынка фрахтовых перевозок более чем на треть сократились перевозки грузов морским и воздушным транспортом [4].

В 2014 г. наблюдалось ускорение темпов роста потребительских цен и цен производителей промышленных товаров, чему способствовало увеличение стоимости продуктов питания с высокой импортозависимостью.

Наряду с негативными тенденциями, в Мурманской обл. наблюдаются и положительные эффекты, в первую очередь в металлургии и рыбной отрасли. Так, за 2014 г. в обрабатывающих производствах региона отмечается рост отгруженной продукции: в сфере металлургического производства на 20.5 % и рыбопереработки на 29.1 %. Этому способствовало активное повышение цен в экспортноориентированных видах деятельности, вызванное падением курса рубля.

Кроме того, в регионе снизились средние цены на различные виды рыбной продукции: свежемороженые треску, пикшу, горбушу, камбалу, скумбрию и др. Однако в дальнейшем, по мнению специалистов, рыба будет дорожать из-за увеличения себестоимости ее промысла. В первую очередь, цены поднимут те компании, флот которых состоит из иностранных рыболовецких судов. Тем не менее с учетом текущей экономической и политической ситуации развитие рыбохозяйственной отрасли может стать ключевой точкой роста и важным фактором продовольственной стабильности региона.

В условиях кризиса другой важнейшей точкой роста Мурманской обл. является развитие туризма. Из-за ослабления курса рубля в 2014 г. турпотоки в зарубежные страны в целом по России снизились на 25–30 %. В Мурманской обл. отмечалось значительное снижение спроса на визы в Финляндию и Норвегию по сравнению с 2013 г. (на 27 и 25 % соответственно). В то же время кризис обусловил и положительные тенденции, связанные с увеличением внутреннего туристского потока. Так, в новогодние праздники посещаемость туристских объектов Мурманской обл. увеличилась более чем на 30 % как за счет местных жителей, так и за счет туристов из других регионов России.

Особо стоит отметить туристско-рекреационный кластер «Хибины», где приток туристов в новогодние праздники увеличился на 40–50 % по сравнению с этим же периодом прошлого года. Инвестиционный проект «Создание туристско-рекреационного кластера “Хибины”» включен в федеральную целевую программу «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации» на 2015–2018 гг., а его стоимость составляет более 1 млрд руб. Проект предполагает создание в Хибинах комплекса сервисных и туристических услуг, модернизацию существующей и строительство новой инфраструктуры, что создаст свыше 140 новых рабочих мест и позволит увеличить турпоток до 200 тыс. чел в год к 2025 г.

Сельское хозяйство Мурманской обл. при поддержке государства также будет играть важную роль для развития экономики. Несмотря на продовольственную зависимость от завоза всех видов продовольствия (кроме яиц, рыбы и рыбопродуктов), Мурманская обл. располагает значительным собственным потенциалом в обеспечении населения продуктами питания. В настоящее время в области осуществляют производственную деятельность 16 сельскохозяйственных предприятий, 26 крестьянских фермерских хозяйств, 6.9 тыс. личных подсобных хозяйств, и именно они являются источником обеспечения населения высококачественными продуктами питания, такими как мясо, молоко, яйца [5, с. 187–188]. В целях стимулирования импортозамещения в 2015 г. планируется завершение инвестиционного проекта по модернизации производства в агрохолдинге «Мурманский», объединяющем производство, переработку и реализацию мяса свиней и птицы, восстановление бройлерного производства ООО «Птицефабрика “Мурманская”», наращивание производства молока в агрофирме «Индустрия» и ООО «Полярная Звезда», а также рост производства фермерских хозяйств.

В условиях экономических санкций со стороны западных стран актуальным для нашей страны является также развитие новых направлений в промышленности, в частности возрождение отечественной отрасли редких и редкоземельных металлов. Например,

осуществление в Мурманской обл. проектов по добыче и обогащению таких металлов, как титан или тантал, при прежнем развитии экономики было затруднительно, а в настоящее время их реализация получила сильный толчок к воплощению.

Вместе с тем, следует понимать, что, так же как и всю Россию, Мурманскую обл. ждет длительный и глубокий кризис. То есть в сложившейся ситуации речь, в первую очередь, должна идти не о развитии региона, а о недопущении катастроф в экономике и социальной сфере [6]. Нельзя допускать, чтобы консолидация ресурсов федерального и регионального уровней на приоритетных отраслях шла в ущерб тем направлениям, которые в условиях санкций получили новые стимулы для развития. Поэтому приоритетами антикризисных мер для Мурманской обл. должны являться:

- повышение конкурентоспособности экономики региона и переход на качественно новый уровень экономического развития за счет стимулирования внутреннего спроса на производимую продукцию, сохранения промышленного потенциала, продолжения реализации крупных инвестиционных проектов;
- развитие инфраструктуры (транспортной, энергетической, информационной), создающей основу для повышения эффективности и снижения уровня издержек всех секторов экономики;
- оптимизация бюджетных расходов за счет выявления и сокращения неэффективных затрат и концентрации ресурсов на приоритетных направлениях развития при условии выполнения в полном объеме обязательств региона перед населением;
- развитие и поддержка малого и среднего бизнеса в силу социальной значимости малого предпринимательства, поддерживающего самозанятость и смягчающего целый ряд последствий кризиса в социальной сфере;
- поддержка социальной стабильности и обеспечение социальной защиты населения в условиях снижения реальных денежных доходов, напряженности на рынке труда.

Подводя итоги, подчеркнем, что успешность антикризисных мер для Мурманской обл. зависит от плодотворности диалога между государством, бизнесом и обществом. Для этого региональным органам власти необходимо наладить реально действующий механизм взаимодействия с бизнесом и общественными организациями Мурманской обл. с целью получения оперативной информации, повышения возможностей ручного управления, снижения рисков неэффективного администрирования антикризисных мер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Санкции в связи с украинскими событиями 2014 года. URL: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Sanctions\\_2014\\_Russia2.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Sanctions_2014_Russia2.png)
2. Серова Н.А. Предпринимательский и инвестиционный климат России в международных рейтингах // Общество в эпоху перемен: формирование новых социально-экономических отношений: материалы VI междунар. науч.-практич. конф. (20 ноября 2014 г.): в 2 ч. / отв. ред. А.Н. Плотников. Саратов: Академия бизнеса, 2014. Ч. 2. С. 79–80.
3. Социально-экономическое положение Мурманской области в 2014 году: доклад / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области. Мурманск, 2015 – 98 с.
4. Серова В.А. Транспортная инфраструктура Арктической зоны: новый этап развития // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2014. № 2. С. 29–34.
5. Региональная экономика и вопросы североведения: монография / под науч. ред. д.э.н., проф. В.С. Селина; д.э.н. Т.П. Скуфьиной. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2013. С. 187;
6. Скуфьина Т.П. Региональная политика сбалансированного развития и северные территории России // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2014. №5 (42). С. 83–85.

#### Сведения об авторах

*Серова Наталья Александровна* – к.э.н., старший научный сотрудник Института экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН; e-mail: serova@iep.kolasc.net.ru

*Скуфьина Татьяна Петровна* – д.э.н., профессор, зав. отделом регионального и муниципального управления на Севере РФ Института экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН; e-mail: skufina@iep.kolasc.net.ru



**9 июля 2015 г. приказом Федерального агентства научных организаций на должность временно исполняющего обязанности председателя Кольского научного центра РАН назначен директор Геологического института КНЦ РАН Юрий Леонидович Войтеховский**

В начале текущего года ушел из жизни академик В.Т. Калинин, и у Кольского научного центра полгода не было первого лица, что осложняло его деятельность. Задача нового руководителя объединить все институты в единое крупное подразделение, как это было до 2011 г., и подготовить выборы председателя нового, возрожденного КНЦ РАН.

Юрий Леонидович сохранил за собой руководство Геологическим институтом КНЦ РАН, куда он пришел 33 года тому назад после окончания геологоразведочного факультета Ленинградского горного института и где прошел все 10 научных должностей от старшего лаборанта до директора.

Новый председатель КНЦ РАН – человек инициативный и энергичный, основатель Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, Всероссийской (с международным участием) школы по математическим методам в естественных науках, Ассоциации научных обществ Мурманской области, научно-популярного лектория под эгидой главы г. Апатиты, главный редактор и постоянный автор ежеквартального научно-популярного и информационного журнала «Тиетта», председатель Кольского отделения Российского минералогического общества и Комиссии по истории Российского минералогического общества, член Международной комиссии по истории геологических наук (INHIGEO) и других научных и общественных организаций.

**15 июля 2015 г. в Геологическом институте КНЦ РАН был подписан протокол о международном научном сотрудничестве**

В 2014 г. на 30-й (Анталья, Турция) и 31-й (ИГЕМ РАН, Москва) конференциях научной школы акад. РАН Л.Н. Когарко (ИГЕМ РАН) «Щелочной магматизм Земли», посвященных памяти акад. РАН Ф.П. Митрофанова, сотрудники Геологического института (ГИ) КНЦ РАН (А.М. Жирова, Д.В. Жиров, П.А. Серов и Т.Б. Баянова) представили результаты комплексных исследований щелочных месторождений Ковдора и Хибин, а также базитовых месторождений Мончегорского и Федорово-Панского рудных комплексов. Результаты исследований Геологического института, особенно изотопно-геохимические экспериментальные данные по датированию U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr и  $^3\text{He}/^4\text{He}$  методами рудных месторождений (Cu-Ni, Pt-Pd, Ti-Mg и др.), вызвали большой интерес у сотрудников Геологической службы Турции (МТА).

Итогом активной переписки и совместной работы Эндэр Сарифакиоглу из МТА (Анкара) и Тамары Баяновой из ГИ КНЦ РАН стал протокол о научном сотрудничестве сроком на 2 года. Для подписания протокола была проведена официальная трехдневная (с 13 по 15 июля) встреча делегации, возглавляемой директором МТА Юсуфом Зия Козаром, с директором ГИ КНЦ РАН, а также с зам. директоров Горного института (ГоИ) и Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья (ИХТРЭМС) им. И.В. Тананаева КНЦ РАН, на которой были представлены основные достижения институтов. В свою очередь турецкая делегация также представила серию научных докладов, посвященных основным достижениям МТА. Турецкие гости с восторгом посетили геологический музей ГИ КНЦ РАН, а также приняли активное участие в геологической экскурсии на Мончегорский рудный узел, которую проводили аспиранты лаборатории геохронологии и изотопной геохимии ГИ КНЦ РАН.

Основной интерес МТА представляют месторождения хрома, которые широко распространены в Турции. Именно изучению формирования хромовых рудопроявлений и месторождений, сформированных в океанической коре в сравнении с месторождениями Кольского региона, которые образуются на континентальной коре, и посвящено будущее научное сотрудничество. Турецкая делегация также очень заинтересовалась свойствами новых минералов, созданных в ИХТРЭМС КНЦ РАН, и изучением подземных хранилищ, которыми занимаются сотрудники ГоИ, поэтому можно надеяться, что в сотрудничество МТА (Турция) – Россия будут вовлечены многие институты Кольского научного центра РАН и оно станет плодотворным и долгим.

**XXXII Международная конференция «Щелочной магматизм Земли и связанные с ним месторождения стратегических металлов» (Alkaline magmatism of the Earth and related strategic metal deposits)**

*Геологический институт КНЦ РАН, 7–14 августа 2015 г.*

Конференция проходила под общим руководством акад. РАН Л.Н. Когарко (Москва, ИГЕМ РАН). Рабочий язык – английский. На конференцию прибыли ведущие мировые ученые из России, Канады, Китая, Турции, Великобритании, Румынии, Германии, Венгрии, США, Украины, Японии, Египта, Чехии, Норвегии и Франции (всего более 60 участников), специализирующиеся в области геологии, петрологии, минералогии щелочных интрузий.

В ходе трехдневных заседаний было заслушано 45 докладов, представлено 23 постера, состоялся круглый стол, где обсуждались вопросы взаимного интереса. Особое внимание было уделено вопросам наращивания ресурсной базы редких и редкоземельных элементов. По окончании сессии состоялись экскурсии на геологические объекты щелочного магматизма – уникальные интрузии Хибин, Ловозеро и Ковдор. Экскурсии проходили под руководством опытных экскурсоводов: д.г.-м.н. А.А. Арзамасцева, д.г.-м.н. В.А. Нивина и др. при участии представителей горнодобывающих предприятий.

**Семинар с международным участием «Гуманитарные и социально-культурные проблемы арктических территорий»**

*Центр гуманитарных проблем КНЦ РАН, 9 июля 2015 г.*

9 июля 2015 г. ЦГП КНЦ РАН посетили ученые-социологи: профессор Marlene Lauelle из Института европейских, российских и евро-азиатских исследований (The Institute for European, Russian and Eurasian Studies (IERES), университета Вашингтона (США), директор Центрально-азиатских программ Sophie Hohmann, исследователь центра "Foundation of the Maison des Sciences de l'Homme", Париж, Франция. Зарубежные коллеги ознакомились с музейной экспозицией ЦГП КНЦ РАН и приняли участие в небольшом семинаре, посвященном гуманитарным проблемам развития арктических территорий. В семинаре приняли участие ученые ИЭП КНЦ РАН и медико-биологического отдела КНЦ РАН. На семинаре обсуждались современные вызовы, перед которыми стоят арктические территории: миграционные проблемы, вопросы "северной идентичности", социально-гуманитарные аспекты здравоохранения, образования, качества жизни и трудоспособности жителей северных регионов, проблемы коренного населения, вопросы социально-экономического развития моногородов и малых поселений, устойчивого развития арктических сообществ.

**Международный научный семинар «Проблемы безопасности прибрежных экосистем Кольского полуострова»**

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 29–30 июня 2015 г.*

Семинар организован совместно с Акваплан-нива (Тромсё, Норвегия) в рамках проекта «Исследование текущих уровней радиоактивности в губе Андреева и прилегающих морских территорий». Всего было заслушано 10 устных сообщений. Научно мероприятие прошло в форме общественных слушаний. Кроме докладчиков – исполнителей проекта в заседаниях форума приняли участие более 40 сотрудников различных заинтересованных научных, производственных, экологических и природоохранных организаций, представители администрации и министерств Мурманской обл., военного ведомства. Заседания прошли под председательством директора ММБИ акад. Г.Г. Матишова и директора Акваплан-нива С. Дале. С приветственными речами и докладами выступили также ответственные лица: директор ИАЗ чл.-кор. РАН Д.Г. Матишов, руководитель департамента Норвежского агентства по радиационной безопасности И. Эйкельманн, секретарь Общественного совета по вопросам

безопасного использования атомной энергии в Мурманской обл. С.Н. Жаворонкин, руководитель Проектного офиса «Ликвидация ядерного наследия Арктики» ФГУП РосРАО В.А. Хандобин.

На семинаре рассмотрены актуальные вопросы Российско-норвежского сотрудничества в области мониторинга радиоактивного загрязнения окружающей среды. Российскими и норвежскими учеными доложены первые результаты совместной российско-норвежской экспедиции в Карское и Баренцево моря, итоги полевых исследований губ и заливов Кольского п-ова в 2013–2014 гг. Основной обсуждаемой темой стала оценка современного состояния радиоактивного загрязнения морской биоты в губе Андреева и Мотовском заливе Баренцева моря.

**Международное совещание «Проблемы изучения и сохранения растительного мира Восточной Фенноскандии»**

*Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН,  
Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН,  
15–19 июня 2015 г.*

Организаторами совещания, помимо ИППЭС КНЦ РАН, выступили ПАБСИ КНЦ РАН, Институт биологии Карельского научного центра РАН, Институт леса Карельского научного центра РАН, Мурманское и Карельское отделения Русского ботанического общества. Совещание посвящалось 100-летию со дня рождения Марианны Леонтьевны Раменской.

В работе совещания участвовали около 70 специалистов из России, Финляндии и Норвегии, заслушано 13 пленарных и более 40 секционных докладов, проведено 3 круглых стола, а также экскурсии. Участники совещания обсудили широкий круг вопросов, связанных с изучением флоры и растительности севера европейской части России, антропогенным воздействием на экосистемы, охраной видов и редких растительных сообществ. Были рассмотрены различные аспекты научной деятельности М.Л. Раменской, проанализирован ее вклад в изучение флоры и растительности Карелии и Мурманской обл., в развитие теории и практики типологии природных комплексов, ландшафтоведения и природного районирования. Обсуждали вопросы классификации и картографирования растительности, а также состояние наземных экосистем и их компонентов в условиях комбинированного действия природных и антропогенных факторов, особенности экологии и физиологии растений. Особое внимание было уделено изучению фиторазнообразия на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) севера Европы.

По результатам пленарных и секционных заседаний, а также круглых столов участники совещания отметили необходимость увековечивания памяти выдающихся ученых и обратились к руководителям КНЦ и КарНЦ РАН с просьбой об учреждении памятных (именных) стипендий, премий, медалей; к руководству РБО, ПАБСИ и ИППЭС КНЦ РАН с просьбой ходатайствовать перед администрацией Санкт-Петербурга об увековечивании памяти М.Л. Раменской: создании мемориальной доски на доме, где она долгие годы жила и о присвоении безымянному скверу имени М.Л. Раменской.

**Научно-исследовательский семинар с международным участием в рамках международного исследовательского проекта «Действия по адаптации в меняющейся Арктике (ААСА): сценарии развития Мурманской области в условиях меняющегося климата»**

*Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН,  
Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН, 9 июня 2015 г.*

Участники: ИППЭС КНЦ РАН – 4 человека; ИЭП КНЦ РАН – 3 человека; Университет Нурланда (UIN), Исследовательский институт Нурланда (NRI), Норвегия, Будё – 2 человека. Всего в научно-исследовательском семинаре приняли участие порядка 30 человек.

Поучаствовать в дискуссии были приглашены представители власти, производственники, экологи-общественники, ученые.

Семинар состоял из двух частей:

- 1) 4 доклада по вопросам влияния изменения климата в Мурманской обл.;
- 2) совместная работа участников семинара по сценариям развития Мурманской обл. в условиях меняющегося климата.

В рамках семинара на Мурманскую обл. примерялись 4 глобальных сценария развития. Климатические изменения, сокращение населения, истощение природных ресурсов – вызовы современности. Ответом на них, по мнению участников семинара, должны стать повышение качества человеческого капитала, пересмотр отношения к экологии и новые технологии. Участники семинара пытались дать оценку последствиям (и позитивным, и негативным) изменения климата на социальное и экономическое развитие Баренц-региона.

Проведение такого семинара стало частью исследовательского проекта, результатом которого станет доклад для Арктического совета – материал для принятия управленческих решений правительствами Дании, Исландии, Канады, Норвегии, России, США, Финляндии и Швеции.

### **XV Международная научная студенческая конференция**

#### **«Проблемы Арктического региона»**

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 14 мая 2015 г.*

Проведенная конференция продолжила усилия, направленные на организацию постоянно действующей научной конференции студентов и аспирантов, имеющей целью исследование процессов в Арктическом регионе, повышение уровня образования и привлечения талантливой молодежи для работы в науке, промышленности и высшей школе.

В организации и проведении конференции приняли участие сотрудники, аспиранты и студенты институтов КНЦ РАН и их базовых кафедр при вузах Кольского Заполярья, учащиеся и молодые ученые из Москвы, Санкт-Петербурга, Петрозаводска, Архангельска, Севастополя, Ямало-Ненецкого АО, Челябинска, Якутии, Владивостока, дружественных организаций Норвегии и Германии. После приветственных слов первого заместителя директора ММБИ КНЦ РАН по науке профессора П.Р. Макаревича и директора Геологического института КНЦ РАН профессора Ю.Л. Войтеховского на открытии конференции ведущим специалистом зоологом ММБИ Н.Н. Пантелеевой был представлен пленарный доклад-лекция «Исследование книдарий в ММБИ: история и современность». Всего программу конференции составили 149 докладов от 232 авторов. Работа конференции происходила по 7 секциям:

- «Биология и медицина» (24 доклада);
- «Геология и геофизика Арктического региона. Физические и химико-технологические проблемы» (22 доклада);
- «Гуманитарные, социальные проблемы. Экономические проблемы освоения Севера» (17 докладов);
- «Информационные технологии и математические методы» (22 доклада);
- «Морская биология» (24 доклада);
- «Проблемы образования в Арктическом регионе» (18 докладов);
- «Экология Севера» (22 доклада).

По результатам представленных докладов жюри конференции выделило на каждой секции наиболее интересные доклады, авторы которых были награждены дипломами и памятными подарками.

В результате проведения конференции студентами был приобретен опыт выступлений на конференциях международного характера, выпущены тезисы представленных докладов

на CD, студенты были ознакомлены с современным состоянием в области научных проблем Арктического региона, были выявлены победители и наиболее яркие представители студенческой молодежи, накоплен опыт проведения международных конференций, подготовлена почва для проведения будущих конференций, а также иных подобных мероприятий в регионе.

**Международная научная конференция «Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций (к 80-летию ММБИ КНЦ РАН)»**

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 1–3 апреля 2015 г.*

В работе конференции приняли участие 185 человек, представлявших научные, образовательные и научно-производственные организации России (Москва, Санкт-Петербург, Архангельск, Петрозаводск, Ростов-на-Дону, Мурманск, Апатиты, Мончегорск). Сборник материалов конференции включает аннотации 155 сообщений, представленных от имени 40 организаций России и зарубежных стран (Норвегия, Франция).

На открытии форума и заседаниях трех секций («Морская биология», «Экологическая география и охрана природы», «XXXIII конференция молодых ученых») было заслушано и обсуждено 90 научных докладов, в том числе 9 пленарных, 64 устных и 17 стендовых, посвященных итогам и задачам исследований ресурсов Арктического региона по основным направлениям академической науки: динамика и эволюция популяций, сообществ и экосистем в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного пресса; видовое разнообразие и продуктивность в биотических системах; рациональное природопользование и охрана морской среды; сохранение и восстановление биоценозов в условиях высоких широт; современные исследования в области морской геологии и палеоэкологии; океанологические процессы в арктических морях; история и современные проблемы морских экспедиционных исследований в Арктике; антропогенная экология Арктического региона.

**Рабочая встреча и полевые исследования в рамках международного проекта «The Arctic as a Mining Frontier: Sacrifice zones or sustainable development? (ARCTICFRONT)» / «Арктика как горнопромышленный район: районы жертвоприношения или устойчивые территории? (ARCTICFRONT)»**

*Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН,  
Институт экономических проблем КНЦ РАН, 17–19 марта 2015 г.*

Наряду с институтами КНЦ РАН во встрече принимали участие Университет Нурланда (UIN), Исследовательский институт Нурланда (NRI), Норвегия, Будё.

Все рассматриваемые вопросы на рабочей встрече выполнены в рамках целей и задач проекта и запланированных исследований. В качестве объектов исследования в проекте с российской стороны определены деятельность горнопромышленных предприятий АО «Апатит» и ЗАО «Северо-Западная фосфорная компания».

Исследовательская группа данного этапа исследований, помимо российских участников проекта, включала также двух норвежских ученых, с которыми были запланированы и проведены совместные полевые исследования. Полевые исследования основывались на интервьюировании ученых КНЦ РАН, представителей туристических организаций, общественных экологических организаций, населения по вопросам экосистемных услуг и ценностей в широком смысле их значения, находящихся под угрозой в местных окрестностях горнодобывающих предприятий и степени знаний об экосистемных услугах и ценностях ландшафтов (экологических, социальных, культурных и экономических), которые включены в процессы принятия решений. Также была устроена встреча заинтересованных сторон в Музее и выставочном центре компании АО «Апатит» в Кировске, где приняли участие студенты из Хибинского технического колледжа, работники горнодобывающих предприятий и население

города. Обсуждались вопросы природоохранного законодательства, необходимость экологической науки и политики в политическом управлении и развитии бизнеса, баланс между добычей полезных ископаемых и охраной природных ценностей (включая ландшафты), а также сотрудничество между промышленностью и местными органами власти и заинтересованными сторонами.

**Школа молодых ученых по морской биологии «Классика и современность – 2015»  
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН,  
Мурманский государственный технический университет, 26–28 февраля 2015 г.**

Главная цель научного мероприятия состояла в привлечении внимания творческой научной молодежи региона – школьников, студентов, аспирантов к проблемам океанологии и морской биологии, изучению биоресурсов арктических морей, освоению новых современных методик познания окружающего мира, а также развитию более тесных контактов между научной общественностью академических и ведомственных институтов и вузов Кольского Заполярья (ММБИ КНЦ РАН, МГТУ и ПИНРО). Данная школа проводилась уже в пятый раз. В качестве докладчиков и слушателей в ней приняли участие около 200 студентов, аспирантов, школьников гимназий г. Мурманска. Во время проведения Школы слушателям были предложены лекции ведущих ученых Мурманска из ММБИ КНЦ РАН, ПИНРО и Мурманского союза художников, посвященные экспедиционным морским биологическим исследованиям в Арктике, современному состоянию авифауны и биоресурсов Баренцева моря, а также творчеству Мурманских художников, посвященному природе Арктики. Для школьников были подготовлены лекции и блицконтурсы по вопросам общей биологии.

В рамках научного мероприятия состоялось 3 разных конкурса научных работ студентов, школьников и аспирантов. На базе Мурманского морского биологического института проходил конкурс научных работ аспирантов, в рамках которого было представлено 17 стендовых сообщений аспирантов ММБИ КНЦ РАН, МГТУ и ПИНРО. Ведущими учеными ММБИ были прочитаны научно-популярные лекции «Об организации морских научных исследований в Арктике (на примере экспедиции ММБИ КНЦ РАН)» и «Актуальные проблемы орнитологических исследований в баренцевоморском регионе». Северьянова Глафира Сергеевна представила пленарный доклад «Мурманские художники о природе Севера». Победители научного конкурса получили памятные подарки.

**Обучающий семинар «Презентация программы «Гарденотерапия для лиц с ограниченными возможностями здоровья в возрасте от 18 лет 1-3 группы инвалидности» с элементами мастер-класса»**

**Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН,  
26–27 февраля 2015 г.**

ПАБСИ КНЦ РАН на базе Кольского медицинского колледжа проводил обучающий семинар «Презентация программы «Гарденотерапия для лиц с ограниченными возможностями здоровья в возрасте от 18 лет 1-3 группы инвалидности» с элементами мастер-класса» для педагогов и психологов коррекционных детских садов, работников психоневрологических и социальных учреждений. В работе семинара приняли участие около 30 человек, в том числе 23 – из 10 учреждений Мурманской обл. В программе семинара, помимо мастер-класса по занятиям, было заслушано 7 докладов по теме применения методов гардено-, арт-, анимало-, и экологической терапии в результате индивидуальной и совместной деятельности социальных и образовательных учреждений с ПАБСИ. В ходе работы семинара также были проведены 2 экскурсии – по Кольскому медицинскому колледжу, в оранжерею тропических и субтропических видов и музей ПАБСИ.

**Научно-практический семинар «Рациональное использование водных биологических ресурсов морей Северного Ледовитого океана»**

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН,*

*Мурманский государственный технический университет, 18 февраля 2015 г.*

Семинар проведен Мурманским государственным техническим университетом и базовой кафедрой биоэкологии ММБИ КНЦ РАН. Целью семинара стало обсуждение теоретических и практических проблем, связанных с рациональным использованием и охраной водных биологических ресурсов арктических морей России.

В рамках семинара были заслушаны 11 докладов научных сотрудников, преподавателей и специалистов Мурманского государственного технического университета, Мурманского морского биологического института, Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии, Мурманского бассейнового управления по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов. В докладах касались таких тем, как: биоресурсы арктических морей России, влияние климатических изменений на экосистемы арктических морей, перспективы искусственного воспроизводства атлантического лосося в Мурманской обл., реализация профессиональной подготовки кадров для аквакультуры с учетом требований мирового рыбного хозяйства. В работе семинара принял участие глава представительства Евросоюза в РФ Вигаудас Ушацкас, который представил короткий доклад о позиции Евросоюза в области сохранения и добычи биоресурсов Арктики. В дискуссии участники семинара говорили о том, что Мурманская обл. должна стать ключевым регионом по реализации действующих международных программ ООН, направленных на сохранение биоразнообразия на планете.

**Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций (к 80-летию ММБИ КНЦ РАН):** тез. докл. междунар. науч. конф. (Мурманск, 1–3 апреля 2015 г.) / [отв. ред. Г.Г. Матишов]; Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Апатиты: КНЦ РАН, 2015. 275 с.

В сборнике представлены тезисы докладов Международной научной конференции «Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций», проводимой Мурманским морским биологическим институтом КНЦ РАН в апреле 2015 г. и посвященной 80-летию Института. Участниками конференции рассматриваются вопросы видового разнообразия и продуктивности в биотических системах, морской геологии и палеоэкологии, динамики и эволюции популяций, сообществ и экосистем в условиях глобальных 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.

Материалы сборника предназначены для биологов, океанологов, геологов, географов и других специалистов, а также для широкого круга читателей, интересующихся историей науки и актуальными проблемами морских исследований.

**Библиографический указатель изданий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Горного института Кольского научного центра Российской академии наук (2009-2013)** / Горный ин-т Кольского научного центра РАН; сост. и библиогр. ред. А.Е. Мельник; отв. ред. О.Е. Чуркин, Г.И. Мальцева. Апатиты: КНЦ РАН, 2014. 133 с.

Библиографический указатель содержит сведения о научных публикациях сотрудников Горного института за 2009-2013 гг. – монографиях, сборниках, учебниках, материалах совещаний и конференций, статьях из периодических изданий, депонированных научных работах, методических рекомендациях, авторефератах.

Указатель может быть полезен научным работникам, специалистам-практикам в области горного дела и смежных дисциплин, а также сотрудникам библиотек, служб научно-технической информации.

**Седнева Т.А. Морфологический атлас композитов на основе диоксида титана, модифицированного катионами  $Al^{3+}$ ,  $Si^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  и  $Ni^{2+}$ : атлас** / Т.А. Седнева, А.Т. Беляевский. Апатиты: КНЦ РАН, 2015. 115 с.

Морфологический атлас композитов на основе диоксида титана, модифицированного катионами  $Al^{3+}$ ,  $Si^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  и  $Ni^{2+}$ » – это информационный микровизуальный ресурс с прогностическим набором параметров управления синтезом наноструктурированных оксидных систем.

Атлас – это репозиторий визуальных файлов микрографического мониторинга как инструмента корреляции физико-химических свойств нанодисперсных оксидных композитов и их сенсбилизации в инфракрасную область спектра.

Примеры визуальной информации морфогенеза оксидных систем, их физико-химических свойств и их графическая интерпретация с аудиальным содержанием могут способствовать развитию теории фотокатализа.

Издание представит несомненный интерес для специалистов в области фотокатализа, которые по аналогии смогут развивать стратегию ведения процессов в химической технологии наноструктурированных материалов.



**Список опубликованных научных и учебно-методических трудов доктора технических наук профессора Козырева Анатолия Александровича / Горный ин-т Кольского научного центра РАН. Апатиты: КНЦ РАН, 2015. 67 с.**

**Храпов В.Е. Механизмы пространственного взаимодействия предприятий с единичным и мелкосерийным производством в приморском регионе: монография / В.Е. Храпов, Т.В. Турчанинова. Апатиты: КНЦ РАН, 2015. 105 с.**

Изложены результаты изучения современного состояния машиностроительных предприятий Мурманской обл., занимающихся обслуживанием приоритетных отраслей региональной экономики, опирающихся на региональный потенциал. Предметом исследования являются машиностроительные предприятия с единичным и мелкосерийным производством, обеспечивающие морехозяйственную, горно-металлургическую, топливно-энергетическую и другие отрасли региональной экономики.

Изучен опыт инновационного развития машиностроительных предприятий в странах с развитой и переходной рыночной экономикой, дана современная оценка российскому машиностроению, проведен анализ и оценены возможности машиностроительных предприятий Мурманской обл. как приморского региона в удовлетворении потребностей регионального рынка. Из общего числа машиностроительных предприятий в качестве основной группы выделены судоремонтные предприятия, проведена оценка рынка судоремонтных услуг и перспектив его развития.

По результатам исследования авторами предложены возможные варианты стратегического развития машиностроительных предприятий Кольского п-ова при современном подходе к управлению предприятием, выпускающим единичную и мелкосерийную продукцию (осуществляющим разовые заказы).



*Юбилеи*



### **ВЕРБИНЕНКО Елена Александровна**

к.э.н. (1993), доцент (1999). В Кольском научном центре РАН с 1977 г. Прошла путь от стажера-исследователя Отдела экономических исследований до заместителя директора по науке Института экономических проблем КНЦ РАН, в настоящее время зав. отделом формирования финансовой политики северных регионов ИЭП им. Г.П. Лузина КНЦ РАН.

Сфера научных интересов – государственное финансовое регулирование регионального развития экономики, методы и инструменты обоснования и проведения финансовой политики, включая такие составляющие, как бюджетное и налоговое, денежное и кредитное регулирование экономики. Автор более 60 научных работ, к основным из которых относятся «Основные тенденции развития финансового рынка России» (2005), «Финансовый потенциал региона: сущность и подходы к оценке» (2011), «Финансовый потенциал как основа роста региона» (2012), «Подходы к обеспечению сбалансированности бюджетов муниципальных образований» (2012), «Оценка финансового потенциала Мурманской области и направления повышения эффективности его использования» (2013), «Особенности финансового регулирования территорий Севера и Арктики» (2014), «Прогнозирование и индикативное планирование структурной трансформации регионального экономического пространства» (2015). Елена Александровна – член ученого совета ИЭП. Вносит значительный вклад в подготовку научных и экономических кадров. Под ее научным руководством подготовлено 5 кандидатов наук. С 2000–2015 гг. – директор Филиала Санкт-Петербургского государственного экономического университета (ИНЖЭКОН) в г. Апатиты. Вела большую педагогическую деятельность, являясь заведующей кафедрой финансов и бухгалтерского учета.

Активно участвует в общественной жизни города и области. С 2001 по 2014 гг. – депутат Совета депутатов г. Апатиты, член Совета ректоров вузов Мурманской обл., участвовала в работе координационного Совета по кадровому обеспечению Мурманской обл., Совета по образованию при администрации г. Апатиты.

За большой вклад в укрепление научного и образовательного потенциала Мурманской обл. и активную общественную деятельность награждена почетными грамотами РАН (1999), Мурманской областной думы (2000), Министерства образования и науки РФ (2005), губернатора Мурманской обл. (2005), главы г. Апатиты (2007, 2011, 2014), а также благодарственными

письмами Мурманской областной думы (2005), Кольского научного центра РАН (2005), главы г. Апатиты (2008), памятной медалью «100-летие Университета ИНЖЭКОН».



### **КОНСТАНТИНОВА Надежда Алексеевна**

д.б.н. (1998), профессор (2010), зав. лабораторией флоры и растительных ресурсов Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина (1998). В Кольском научном центре РАН с 1973 г.

Ведущий специалист России и мира в области систематики, фитогеографии, филогении и охраны печеночников. Под ее руководством составлены такие обобщающие работы, как критический список печеночников бывшего СССР, печеночников Российской Арктики, заповедников России и чек-лист печеночников России. Член авторского коллектива составителей мирового списка печеночников («Global checklist of hornworts and liverworts»). Ею выполнены таксономические обработки ряда родов печеночников для «Флоры России», включающие детальные описания, иллюстрации, анализ распространения и экологии входящих в них видов. Описаны новые для науки таксоны как современных печеночников (*Apotreubia hortoniae* R.M. Schust. & Konstant. ex Konstant., *Jubula hutchinsiae* subsp. *caucasica* Konstant. & Vilnet, etc.), так и ископаемых (*Frullania ucrainica* Konstant. & Ignatov); предложено более 60 новых комбинаций для таксонов, большинство из которых были приняты бриологическим сообществом. Организатор, руководитель и участник многочисленных экспедиций по Мурманской обл., заповедным территориям Кавказа, центральной России, Урала, Южной Сибири. Инициатор и руководитель комплексных экспедиций по изучению флоры, растительности и продукционных особенностей арктических экосистем на арх. Шпицберген. Большое внимание уделяет охране природы. Участвовала в разработке Концепции создания сети охраняемых природных территорий Мурманской обл. (2002, 2012), является ответственным редактором двух изданий Красной книги Мурманской обл. (2003, 2014), автором видовых очерков печеночников более чем в 20 региональных Красных книгах, Красной книги Российской Федерации (2008). При деятельном участии Надежды Алексеевны спроектировано не менее 15 ООПТ в Мурманской области. Успешно развивает новое приоритетное направление в ботанической науке – применение молекулярных исследований для решения проблем систематики и вопросов эволюции печеночников. Более четверти века является куратором Гербария мохообразных Полярно-альпийского ботанического сада-института (КРАВГ). За это время объем гербария вырос в 18 раз и сейчас составляет более 45 тыс. образцов из Мурманской области, различных районов Евразии и Америки. Является талантливым



Юбилеи



Юбилеи

популяризатором науки, автором научно-популярных книг и брошюр о растениях и ценных ботанических территориях Мурманской области. Руководитель проектов по программам РФФИ, ГНТИ «Биоразнообразие», а также ряда международных фондов, в частности, Географического общества США, Международного научного фонда, TESIS-INTEREG. Н.А. Константинова вырастила целую плеяду активно и творчески работающих молодых научных сотрудников. В настоящее время она возглавляет в ПАБСИ научную школу криптогамной ботаники. Под ее руководством было успешно защищено 8 кандидатских диссертаций. Автор более 270 научных работ, в том числе 15 монографий, многочисленных публикаций в российских и зарубежных рецензируемых журналах. Входит в совет Русского ботанического общества, Международного и Британского бриологических обществ, экспертного совета по сохранению видов Международного и Европейского обществ охраны природы, экспертных советов по Красной книге России и СНГ. Член редколлегии журналов «Arctoa», «Botanica Pacifica». В честь Н.А. Константиновой назван вид печеночника – *Jungermannia konstantinovae* Bakalin et Vilnet, описанный ее учениками.

75



#### НЕРАДОВСКИЙ Юрий Николаевич

к.г.-м.н. (1976), ведущий научный сотрудник (2008). В Геологическом институте КНЦ РАН с 1968 г.

В 1976 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Минералогия вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд в серпентинитах Печенгского рудного поля (на примере западного фланга)». С 1996 по 2008 г. Юрий Николаевич занимал должность ученого секретаря Института, с 2008 г. – ведущий научный сотрудник. Главные направления деятельности – исследования минералогии и генезиса медно-никелевых и платинометалльных месторождений, технологическая минералогия. В последнее десятилетие Ю.Н. Нерадовский значительно расширил и углубил диапазон своих исследований, работая в тесном сотрудничестве с технологами и химиками Горного института КНЦ РАН, Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН и других организаций в сфере развития инновационных процессов комплексной и глубокой переработки минерального и техногенного сырья. Проведены передовые исследования по изучению морфогенетических типов и технологии обогащения кианитовых руд Кейвских месторождений, создан «Атлас

структур и текстур кристаллических сланцев Больших Кейв». Ю.Н. Нерадовский ведет работы по поиску новых источников высоколиквидных металлов (Ni, Co, Cu, Ti, V) в базит-гипербазитовых комплексах Кольского региона, возглавляет исследование геологического строения Колвицкого месторождения комплексных железо-титано-ванадиевых и сульфидных медно-никелевых руд в Кандалакшском районе и оценку перспектив его освоения на современном этапе. Ю.Н. Нерадовский участвует в разработках по созданию технологии получения металлического Fe путем прямого восстановления из титаномагнетита, проводимых совместно ИХТРЭМС КНЦ РАН и ГИ КНЦ РАН. Экспериментальные исследования титаномагнетита Хибинского массива и Ковдора дали положительные результаты.

В 2014 г. Ю.Н. Нерадовский удостоен диплома I степени и золотой медали Петербургской технической ярмарки, а также диплома и бронзовой медали XVI Московского международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед 2013» за разработку «Термохимическое обогащение железосодержащих руд и концентратов» (в соавторстве с Н.Н. Гришиным, Е.Ю. Ракитиной, А.Г. Касиковым и В.Т. Калининским, ИХТРЭМС КНЦ РАН).

Ю.Н. Нерадовский автор более 150 научных трудов, доцент АФ МГТУ, руководитель аспирантов.



*Юбилеи*

60



### **ЛУКИЧЕВ Сергей Вячеславович**

д.т.н. (2000 г.). В Горном институте КНЦ РАН с 1979 г. С 2010 г. зам. директора института по научной работе. С 10 июня 2015 г. приказом ФАНО РФ назначен временно исполняющим обязанности директора Горного института до утверждения кандидатуры на должность директора.

Известный специалист в области взрывного разрушения горных пород и компьютерного моделирования объектов горной технологии. С использованием численного моделирования действия взрыва цилиндрического заряда в массиве горных пород установил ряд закономерностей формирования зоны разрушения и связь ее размеров с формой сейсмического сигнала в ближней зоне действия взрыва. Экспериментально уточнил существующие представления о влиянии на размеры и характер разрушения массива параметров группы зарядов, включая влияние свободной



*Юбилеи*

поверхности, что позволило установить количественные закономерности, связанные с этим эффектом.

Другое направление научной деятельности – компьютерное моделирование объектов горной технологии и создание на этой основе системы автоматизированного планирования, проектирования и сопровождения горных работ. Под руководством и при непосредственном участии Сергея Вячеславовича разрабатываются программные средства, обеспечивающие комплексную автоматизацию решения геологических, маркшейдерских и технологических задач в рамках единого информационного пространства горного предприятия. Созданная в рамках этой работы автоматизированная система Mineframe нашла применение на многих горных предприятиях России (АО «Ковдорский ГОК», ОАО «ППГХО», ОАО «Оренбургские минералы», ФГУП «Государственный трест “Арктикуголь”» и др.), а также в высших учебных заведениях горного профиля.

Автор более 100 печатных работ.

Награжден почетными грамотами РАН (1999), губернатора Мурманской области (2010), Министерства энергетики РФ (2015); отраслевым знаком «Горняцкая слава» I, II и III степеней.



**Дмитрий Геннадьевич Матишов**  
05.09.1966 – 20.08.2015

Его яркий исследовательский талант в полной мере раскрылся в период работы в Кольском научном центре РАН. Здесь после окончания Ленинградского университета он прошел полный курс океанологической школы Мурманского морского биологического института КНЦ РАН. К 35 годам стал доктором географических наук и одним из основателей нового научного направления – радиационной экологической океанологии. Это достижение было по достоинству оценено Академией – Дмитрий Геннадиевич был награжден Золотой медалью и премией РАН, избран членом-корреспондентом РАН.

Огромная жизненная энергия и многогранность интересов позволяли Д.Г. Матишову успешно вести научные исследования, активно развивать научный потенциал академической системы и решать прикладные проблемы Баренц-региона. В 2003–2008 гг. он входил в состав Президиума и Общего собрания ученых КНЦ РАН, был заместителем директора по науке в ММБИ КНЦ РАН и возглавлял Азовский филиал института. Под его руководством проведены десятки комплексных морских экспедиций в Баренцевом, Белом, Карском и Азовском морях. Жители Баренц-региона признательны ему за вклад в реалистичную оценку масштабов и механизмов радиационного загрязнения арктических морей. Благодаря его работам охарактеризовано распределение искусственных радионуклидов в экосистемах заливов и губ Мурманского побережья, в которых располагались радиационно опасные объекты. Он представил радиоэкологические сценарии по ядерному полигону Черной губы, акваториям атомных баз Северного флота и другим радиационно опасным объектам, которые являются важным элементом в системе экологической безопасности северных морей. Впервые показал роль биофильтра пелагиали и прибрежья в самоочищении водоемов и переходе искусственных радионуклидов из воды в донные отложения. Выявил особенности миграции радионуклидов по трофическим цепям северных морских экосистем. В сентябре 2000 г. под его руководством проведены специальные радиоэкологические исследования и организован мониторинг радиоактивного загрязнения среды и биоты в районе гибели АПЛ «Курск» до окончания ее подъема.

В 2000-е гг. Д.Г. Матишов внес большой вклад в становление Южного НЦ РАН и подготовку новой генерации российских океанологов. Был избран заместителем председателя ЮНЦ РАН, стал организатором и директором Института аридных зон ЮНЦ РАН, возглавил кафедру океанологии Института наук о Земле Южного федерального университета, был председателем Государственной комиссии на факультете географии и геоэкологии Санкт-Петербургского государственного университета, членом диссертационного совета при ММБИ КНЦ РАН, членом Национальной океанографической комиссии Российской Федерации.

За плодотворную научно-организационную работу Д.Г. Матишов неоднократно награждался почетными грамотами РАН, дипломами КНЦ РАН, благодарностями администраций Мурманской и Ростовской областей. В 2006 г. указом Президента РФ удостоен медали ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Он был увлеченным, энергичным, ответственным, искренним и цельным и ушел из жизни в расцвете сил, полный замыслов. Мы глубоко скорбим и выражаем искренние соболезнования родным и близким. В летопись Кольского научного центра РАН его имя и дела вписаны навечно.



**Владимир Всеволодович Дидык**  
29.03.1957–10.07.2015

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук понес тяжелую утрату. 10 июля в селе Никольское Ульяновской области скоропостижно скончался заместитель директора по научной работе Владимир Всеволодович Дидык.

После окончания в 1979 г. Львовского политехнического института работал в тресте «Апатитстрой» в должностях экономиста, ст. инженера по труду и заработной плате. В Институте экономических проблем КНЦ РАН Владимир Всеволодович работал с 1989 года. Прошел путь от младшего научного сотрудника до ученого секретаря (2000–2004), директора (2005–2006) и заместителя директора Института (2006–2015).

За время работы Владимир Всеволодович проявил себя как высококвалифицированный специалист, обладающий глубокими знаниями в области региональной экономики. В 1995 году защитил диссертацию на тему: «Принципы и методы формирования организационных структур управления строительных фирм в условиях рыночных отношений». Сферой его профессионального интереса являлись инвестиционная деятельность и в последние годы проблемы социально-экономического развития муниципальных образований Севера и Арктики. Он автор более 100 научных публикаций, в том числе 5 монографий. Являлся научным руководителем и ответственным исполнителем научно-исследовательских работ, выполняемых по контракту с органами государственной власти и организациями, в том числе с зарубежными университетами. Участвовал в подготовке аналитических записок, экспертных заключений на проекты нормативно-правовых актов и других документов федерального и регионального уровня. Владимир Всеволодович на протяжении многих лет активно участвовал в международном научном сотрудничестве Института, являлся руководителем и участником большого числа совместных научно-исследовательских проектов с зарубежными коллегами из разных стран.

Высокий профессионализм, трудолюбие, равнодушие и ответственность позволили ему снискать заслуженное уважение и признание коллег в российском и международном научном сообществе.

Владимир Всеволодович принимал активное участие в подготовке профессиональных кадров, преподавал экономические дисциплины и руководил выполнением дипломных проектов в филиалах Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета (Апатиты) и Костромского государственного университета (Кировск). Участвовал в создании международной организации «Университет Арктики», являлся членом Совета международного Университета Арктики. Руководил подготовкой диссертационных работ аспирантами, являлся членом диссертационного совета при ИЭП КНЦ РАН.

За время своей трудовой деятельности был неоднократно награжден различными благодарностями и почетными грамотами Российской академии наук, правительства Мурманской области и администрациями муниципальных образований.

Владимир Всеволодович был замечательным человеком, обладал высокой культурой и прекрасными душевными качествами, доброжелательностью и отзывчивостью, за что снискал авторитет и уважение в Институте, теплое отношение всего коллектива.

Сотрудники Института искренне скорбят и выражают глубокие соболезнования родным и близким Владимира Всеволодовича Дидыка.



**Виктор Сергеевич Зензеров**

17.03.1942–30.06.2015



30 июня Мурманский морской биологический институт понес тяжелую утрату: после непродолжительной болезни скончался ведущий научный сотрудник лаборатории зообентоса доктор биологических наук Виктор Сергеевич Зензеров. Ушел из жизни прославленный ученый, талантливый экспериментатор, известный на Кольском Севере организатор науки, отдавший более 40 лет своей трудовой биографии Кольскому научному центру.

В.С. Зензеров родился в с. Ивня Белгородской области, его детство и юность прошли в непростые военные и послевоенные годы. В обстановке оккупации, послевоенной разрухи, нехватки продовольствия и жизненно необходимых вещей сформировались его лучшие качества: целеустремленность, изобретательность, жизнелюбие, умение находить выход из самых сложных и запутанных ситуаций, доброта и терпимость к окружающим. В 1965 году с отличием окончил лечебный факультет Воронежского государственного медицинского института по специальности «врач общего профиля» и как лучший студент сразу был рекомендован в аспирантуру. В 1969–1971 г., выполняя свой долг перед Родиной, В.С. Зензеров служил в армии в качестве военного врача. В 1974 г. защитил кандидатскую диссертацию «Развитие щитовидной железы крыс и ее реакция на различные экстремальные воздействия», после чего был приглашен в лабораторию цитологии и гистологии Мурманского морского биологического института.

Основным направлением исследований В.С. Зензерова было изучение морфологии и физиологии эндокринной системы морских гидробионтов. Занимаясь исследованиями в этой области он, на основе использования электронно-микроскопического и радиоиммунологического анализов, получил уникальные данные о роли эндокринной системы, в частности щитовидной железы, в процессах роста и размножения морских рыб. На их основе были созданы научно-практические разработки, позволяющие использовать гормональные тиреоидные препараты для стимуляции роста некоторых видов промысловых рыб, перспективных для искусственного воспроизводства. В 1980-е гг. занимался марикультурой донных беспозвоночных Баренцева моря. Им были разработаны научные основы искусственного воспроизводства морского ежа, сохранения и восполнения численности популяции, а также даны научные рекомендации по рациональному промыслу этих животных (в пищевых целях или как сырье для производства биологически активных веществ). Под его руководством разработана новая биотехнология комплексного использования морских водорослей для получения йода и биологических соединений в едином технологическом цикле с перспективой их применения в качестве биологически активных препаратов. Для нужд рыбной промышленности Северного промышленного бассейна, по заданию предприятия «Севрыба» в 1990-х гг. разработал новые морфологические показатели сохранности мышечного волокна криля и трески в зависимости от сроков вылова и морозильной консервации, что позволило использовать для пищевых целей сырье более высокого качества. В.С. Зензеров опубликовал более 100 научных работ, в том числе 4 монографий. В 2007 г. защитил докторскую диссертацию по теме «Особенности структуры и функционирования щитовидной железы рыб Баренцева моря».

В последние годы занимался изучением механизмов процесса адаптации камчатского краба (вселенца в Баренцево море) к различным изменениям водной среды (температура, соленость) и определению роли гормонального фактора в этих процессах. Им получены новые сведения о содержании гормонов линьки и тиреоидных гормонов в гемолимфе камчатского краба. В.С. Зензеров участвовал во многих морских и береговых экспедициях, был

организатором и исполнителем уникальных экспериментальных исследований на базе морской аквариальной.

Почти 15 лет своей трудовой деятельности в ММБИ В.С. Зензеров отдал научно-организационной работе, занимая должности ученого секретаря и заместителя директора по науке. В перестроечные годы политических и социально-экономических перемен Виктор Сергеевич был на передовой борьбы за выживаемость института, стоял у истоков вливания ММБИ в мировое научное сообщество. Помимо этого активно участвовал в научно-организационной работе, являлся руководителем и ответственным исполнителем тем НИР по основным направлениям фундаментальных работ Российской академии наук. Активно передавал свой богатый опыт молодым исследователям и участвовал в научно-образовательной деятельности в качестве научного руководителя кандидатских диссертаций, дипломных и курсовых работ студентов, официального оппонента и рецензента кандидатских и дипломных работ. Участвовал в работе государственной аттестационной комиссии по защите дипломов выпускников Мурманского государственного технического университета (базовая кафедра ММБИ по биоэкологии). На протяжении многих лет являлся членом ученого совета, экспертной, аттестационной комиссий ММБИ, членом общего собрания ученых КНЦ.

За достижения в научной и научно-организационной деятельности награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени, медалями «Ветеран труда» и «300 лет Российскому флоту», почетными грамотами РАН, КНЦ РАН, губернатора Мурманской области, Мурманской областной думы, Главы администрации г. Мурманска. В апреле 2015 г. был награжден почетной медалью КНЦ РАН «За личный вклад в исследование и развитие Севера России».

Светлая память о Викторе Сергеевиче Зензере, настоящем профессионале своего дела, широкой души человеке, посвятившем все свои силы и умения развитию арктической морской биологии, подарившем всю свою любовь родному Институту и отдавшем свою сердечную привязанность Северу и Дальним Зеленцам, навсегда останется в сердцах всех, кто работал и общался с ним. Выражаем глубокие соболезнования родным и близким покойного.

3/2015(22)

Published in December 2009

ISSN 2307-5228

ISBN 978-5-91137-311-5

*Russian Academy of Sciences*

HERALD

of the Kola Science Centre RAS

Publisher – Federal State Institution of Science Kola Scientific Center RAS

---

Editor-in-Chief – Dr.Sci. (Geol.), prof.

Yu.L. Voytekhovskiy

Vice-Editors-in-Chief:

Dr.Sci. (Geol.), prof. V.P. Petrov

Dr.Sci. (Techn.), prof. A.Ya. Fridman (head  
of editorial staff)

Editorial Board:

academician RAS, prof. G.G. Matishov,

academician RAS, prof. N.N. Mel'nikov,

corr. member RAS, prof. V.K. Zhironov,

corr. member RAS, prof. A.I. Nikolaev,

Dr.Sci. (Techn.), prof. B.V. Efimov,

Dr.Sci. (Econ.), prof. F.D. Larichkin,

Dr.Sci. (Techn.) V.A. Masloboev,

Dr.Sci. (Techn.), prof. V.A. Putilov,

Dr.Sci. (Phys.-Math.) E.Д. Tereschenko,

PhD (Geol.) A.N. Vinogradov

(responsible secretary)

The responsibility for opinions, expressed in signed articles, studies and other contributions rests solely with the authors, and publication does not constitute any endorsement of the Federal State Institution of Science Kola Scientific Center RAS for the opinions expressed in them.

**The journal is included in the Russian Science Citation Index (RISC) to 2009**

## NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

<i>N.O. Sorokhtin,</i> <i>L.I. Lobkovsky,</i> <i>N.E. Kozlov,</i> <i>I.V. Chikiryov,</i> <i>S.L. Nikiforov</i>	Evolution of the Arctic Basin and the Diamond Potential of the Northern Part of the East European Platform.....	3
V.T. Kozachenko, S.N. Lavrik, E.V. Perevoznikova, N.V. Skosareva	Gabbroids from Sergeevsky and Kalinowski Complexes of Sikhote-Alin: Geochemistry and Isotope Ratios for Samara, Neodymium, Strontium and Lead.....	21
N.N. Melnikov, P.V. Amosov, N.V. Novozhilova, S.G. Klimin	Application of Built-in Freezing Systems to Provide Thermal Safety in Underground Low-Power Nuclear Plant (Based on Numerical Modeling).....	40
A.I. Kalashnik, A.Yu. D'yakov	Georadar Research of the Geological and Structural Composition of the Working Ledge of the Pit Aimed at Optimization of Parameters for DBW Carrying out .....	48
A.G. Kasikov	ICTREMRM KSC RAS: Research and Development in Chemistry and Technology of Cobalt.....	54
V.B. Belakhovsky, A.E. Kozlovsky, V.A. Pilipenko	Determination of the Latitude Profile for the Resonance Frequency of the Pc5 Pulsations by EISCAT Radar Data.....	64
V.G. Dvoretzky	Winter Features of Zooplankton Distribution in the Pechora Sea.....	73
<i>V.N. Petrov</i>	Features of Influence of Oxygen' Partial Density Gradient in the Air on the Health Status of Population Living in the Arctic Zone of the Russian Federation.....	82
V.N. Svetochev, O.N. Svetочева	Diet and Trophic Relationships of Seals in the White Sea .....	93
I.V. Blinova	Base-Rich Fens in the Southern Part of Murmansk Region and the Case for Their Protection.....	102
N.A. Serova, T.P. Skuf'ina	Economy and Prospects of the Murmansk Region in Conditions of Introduction of Anti-Russian Sanctions.....	115
	<b>CHRONICLE</b> .....	120
	<b>CONFERENCES, WORKSHOPS</b> .....	121
	<b>NEW BOOKS</b> .....	127
	<b>ANNIVERSARIES</b> .....	129
	<b>AD MEMORIAM</b> .....	134
	<b>CONTENTS</b> .....	138

**N.O. Sorokhtin, L.I. Lobkovsky, N.E. Kozlov, I.V. Chikiryov, S.L. Nikiforov**  
**EVOLUTION OF THE ARCTIC BASIN AND THE DIAMONDIFEROUS POTENTIAL**  
**OF THE NORTHERN PART OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM**

The article is devoted to the study of processes of polyphasic development of structural-substantial complexes of different age continental lithospheric plates in the Western part of the Russian Arctic. Spatio-temporal regularities in the processes of increment addition and transformation of the continental lithosphere of the region are described. It is shown that Caledon-Hercynian stages of tectonism contributed to the formation of the systems of abyssal faults of the lithosphere, in the crossing points of which large quantities of igneous melts penetrated. Their ore specialization led to the formation of a number of first-rate mineral deposits on the Baltic shield and adjacent areas. The destruction and transportation of the useful components of some of them allows us to consider the White Sea as the natural reservoir accumulating placer deposits.

*Keywords: Geodynamics, Arctic, diamondiferous potential, alkali ultramafic and kimberlite magmatism, mineral resources.*

**Authors**

*Nikolay O. Sorokhtin* – Dr. Sci. (Geol.), major scientific researcher of OI RAS named after P.P. Shirshov, leading scientific researcher of GI KSC RAS, Professor of the Apatity Branch of MSTU; e-mail: nsorokhtin@mail.ru

*Leopold I. Lobkovsky* – Dr. Sci. (Phys.-Math.), corresponding member of RAS, vice director of OI RAS named after P.P. Shirshov; e-mail: llobkovsky@ocean.ru

*Nkolay E. Kozlov* – Dr. Sci. (Geol.), Head of Laboratory of GI KSC RAS, Director of the Apatity Branch of MSTU; e-mail: kozlovne@afmgtu.apatity.ru

*Igor V. Chikiryov* – PhD (Geol.), Assistant Professor of the Apatity Branch of MSTU, scientific researcher of GI KSC RAS; e-mail: chikiryeviv@afmgtu.apatity.ru

*Sergey L. Nikiforov* – Dr. Sci. (Geogr.), Head of Laboratory of OI RAS named after P.P. Shirshov; e-mail: nikiforov@ocean.ru

**LITERATURA**

1. *Hain V.E.* Tektonika kontinentov i okeanov (god 2000). M.: Nauchnyj mir, 2001. 606 s.
2. *Negruca V.Z., Basalaeu A.A., Chikiryov I.V.* Barencevomorskij fosforitovyj bassejn. Apatity: Izd. KNC RAN, 1993. 119 s.
3. *Sorokhtin O.G., Ushakov S.A.* Global'naya ehvolyuciya Zemli. M.: Izd-vo MGU, 1991. 446 s.
4. *Sorokhtin O.G., Chilingarian G.V., Sorokhtin N.O.* Evolution of Earth and its climate // Elsevier Science. Developments in Earth and Environmental Sciences. 2011. Vol. 10. 763 p.
5. *Sorokhtin O.G., Cilingar Dzh.V., Sorokhtin N.O.* Teoriya razvitiya Zemli (proiskhozhdenie, ehvolyuciya i tragicheskoe budushchee). M.; Izhevsk: Izd-vo "Institut komp'yuternyh issledovanij", 2010. 751 s.
6. Early stages of evolution of the arctic margins (Neoproterozoic/Paleozoic) and plate reconstructions / *V.A. Vernikovskiy i dr.* 2011. Origins of Northeastern Russia: Paleomagnetism, Geology, and Tectonics. ICAM-VI. Abstracts, Fairbanks, Alaska, CD.
7. *Vernikovskiy V.A., Vernikovskaya A.E.* 2001. Central Taimyr accretionary belt (Arctic Asia): Meso–Neoproterozoic tectonic evolution and Rodinia breakup. *Prec. Res.*, 110, 127–141.
8. *Chumakov N.M.* Dokembrijskie tillity i tilloidy (problema dokembrijskih oledeneniij) // *Tr. GIN AN SSSR.* 1978. Vyp. 308. 202 s.
9. *Raaben M.E., Lubtsov V.V., Predovsky A.A.* Correlation of stromatolitic formations of northern Norway (Finnmark) and northwestern Russia (Kildin Island and Kanin Peninsula). *Nor. Geol. Unders. Spesial Publ. Trondheim.* 1995. R. 233–246.
10. *Milanovskij E.E.* Geologiya Rossii i blizhnego zarubezh'ya (Severnoj Evrazii). M.: MGU, 1996. 448 s.
11. Rifejskaya nef' poluostrova Rybachij: mif ili klyuch k principal'no novomu napravleniyu neftegazoposkovykh rabot na shel'fe Barenceva morya? / *A.P. Simonov i dr.* // *Vestnik MGTU.* 1998. T. 1, № 2. S. 121–140.
12. Sejsmogeologicheskaya model' litosfery Severnoj Evropy: Laplandsko-Pechengskij rajon / *otv. red. N.V. Sharov.* Apatity: Izd. KNC RAN, 1997. 225 s.
13. Regional'no-zonal'nye sejsmorazvedochnye raboty MOV-OGT na p-ove Rybachij v komplekse s vysokotochnoj gravimetrijei s cel'yu izucheniya geologicheskogo stroeniya i perspektiv neftegazonosnosti rifejskij otlozhenij / *N.G. Zamozhnyaya i dr.* M., 2001. Fondy Murmangeolkoma, Apatity.
14. *Chikiryov I.V.* Verhnedokembrijskie fosforitsoderzhashchie otlozheniya Kol'skogo poluostrova: avtoref. ... kand. geol.-min. nauk. M.: MGU, 1995, 18 s.
15. Geologiya i potencial'naya neftegazonosnost' p-ova Rybachij (Kol'skij poluostrov). Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij / *N.O. Sorokhtin i dr.* 2011. № 5. S. 14–19.
16. *Vasserman B.Ya.* Razvedannost' resursov uglevodorodov Timano-Pechorskoj

neftegazonosnoj provincii na nachalo XXI v. // *Geologiya nefi i gaza*. 2001. № 2. S. 10–16.

**17.** Ob'yasnitel'naya zapiska k tektonicheskoj karte Barenceva morya i severnoj chasti Evropejskoj Rossii. masshtab 1:2 500 000. M.: Izd-vo in-ta Litosfery, 1996. 94 s. **18.** *Levashkevich V.G.* Zakonomernosti raspredeleniya geotermicheskogo polya okrain Vostochno-Evropejskoj platformy (Barencevomorskij i Belorussko-Pribaltijskij regiony): avtoref. dis. ... d. geol.-min. nauk. M.: MGU, 2005, 42 s. **19.** Geodinamika neftegazonosnyh struktur zapadnoj chasti Arkticheskogo shel'fa Evrazii / *N.O. Sorohtin, Dzh.V. Chilingar, N.E. Kozlov, I.S. Nesterenko* // *Vestnik MGTU*. 2012. T. 15, №2. (na anglijskom yazyke dlya Geologicheskogo kongressa). C. 410–418. **20.** *Lobkovskij L.I., Shipilov Eh.V., Kononov M.V.* Geodinamicheskaya model' verhnemantijnoj konvekcii i preobrazovaniya litosfery Arktiki v mezozoe i kajnozoe // *Fizika zemli*. 2013. № 6. S. 1–19. **21.** Geodynamic Evolution of Oil and Gas Basins in the European Part of the Eurasian Arctic Shelf / *N.O. Sorokhtin, G.V. Chilingar, N. E. Kozlov & S. Shin* // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. Vol. 34, Issue 22, December 2012. P. 2092-2103. **22.** *Dobrynina M.I.* Riftogenez v geologicheskoi istorii dokembriya severnoj chasti Russkoj plity // Glubinnoe stroenie i geodinamika kristallicheskih shchitov evropejskoj chasti SSSR. Apatity: Izd. KNC RAN, 1992. S. 71–78. **23.** *Vetrin V.R., Kalinkin M.M.* Rekonstrukciya processov vnutrikorovogo i korovo-mantijnogo magmatizma i metasomatoza (po rezul'tatam izucheniya glubinnyh vklyuchenij). Apatity: Izd. KNC RAN, 1992, 108 s. **24.** *Pimenov B.A., Malyshev N.A.* Ocenka resursov i napravleniya geologo-razvedochnyh rabot na nef' i gaz v Mezenskom sedimentacionnom bassejne // *Geologiya goryuchih iskopaemyh evropejskogo severa Rossii*: tr. In-ta geol. Komi NC UrO RAN. Syktyvkar, 1995. Vyp. 85. S. 26–40. **25.** *Kuz'min D.A.* Geologo-geohimicheskie predposylki neftegazonosnosti verhneproterozojskih otlozhenij Mezenskogo bassejna: dis. ... k.g.-m.n. M., 2006. **26.** Karbonatity Hibin / *O.B. Dudkin i dr.* Apatity: Izd. KF AN SSSR, 1984. 96 s. **27.** Geologiya arheya Baltijskogo shchita / *N.E. Kozlov i dr.* SPb.: Nauka, 2006. 345 s. **28.** *Sorohtin O.G., Mitrofanov F.P., Sorohtin N.O.* Global'naya ehvolyuciya Zemli i proiskhozhdenie almazov. M.: Nauka, 2004. 260 s. **29.** *Shipilov Eh.V.* O periodichnosti proyavlenij osnovnogo magmatizma v predelakh Zapadno-Arkticheskoi okrainy Evrazii v fanerozoe // *Vestnik MGTU*. 1998. T. 1, № 3. S. 97–104. **30.** Nefttegazonosnost' Barencevo-Karskogo shel'fa Rossii i prognoznye kriterii poiska UV syr'ya v pribrezhnoj zone Kol'skogo regiona / *N.O. Sorohtin i dr.* // *Vestnik KNC RAN*. 2010. №1. S. 66–82. **31.** Potencial'naya neftegazonosnost' zapadnoj chasti Arkticheskogo shel'fa Rossii i prognoznye kriterii poiska UV syr'ya v pribrezhnoj zone Kol'skogo poluostrova / *N.O. Sorohtin i dr.* // *Vestnik MGTU (Trudy Murmanskogo Gosudarstvennogo universiteta)*. 2010. T. 13, № 4/1. S. 736–750. **32.** Perspektivy rossypnoj almazonosnosti Kol'skogo regiona / *B.V. Gavrilenko i dr.* // *Vestnik MGTU*. 2000. T. 3, № 2, S. 86–96. **33.** *Sorohtin N.O., Gavrilenko B.V., Polyakov N.V.* Geologo-geneticheskaya model' korennoj i rossypnoj almazonosnosti primentel'no k Severo-Zapadu Rossii // *Trudy mezhdunarodnoj konferencii "Novye idei v naukah o Zemle"*. M., 1997. T. 2. S. 87–89. **34.** *Sorohtin O.G., Mitrofanov F.P., Sorohtin N.O.* Proiskhozhdenie almazov i perspektivy almazonosnosti vostochnoj chasti Baltijskogo shchita. Apatity: Izd. KNC RAN, 1996. 146 s. **35.** *Polyakov I.V.* Perspektivy almazonosnosti Severnoj Karelii. Problemy zolotonosnosti i almazonosnosti Severa Evropejskoj chasti. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 1997. S. 81–87. **36.** *Polyakov I.V., Kalinkin M.M.* Almazy i mineraly-sputniki v kimberlitah i ryhlyh otlozheniyah Terskogo berega Kol'skogo poluostrova // *ZVMO*. 1993. № 1. S. 96–101. **37.** *Timonov V.V.* Skhema obshchej cirkulyacii vod bassejna Belogo morya i proiskhozhdeniya ego glubinnyh vod // *Trudy Gos. okeanogr. in-ta*. 1947. Vyp. 1/13. S. 118–131. **38.** *Kalinkin M.M., Polyakov I.V.* Kimberlity i rodstvennye porody Terskogo berega Kol'skogo poluostrova // *Problemy zolotonosnosti i almazonosnosti Severa evropejskoj chasti Rossii, Petrozavodsk, Kar. nauchnyj centr RAN*, 1997. S. 117–123.

**V.T. Kozachenko, S.N. Lavrik, E.V. Perevoznikova, N.V. Skosareva**

**GABBROIDS FROM SERGEYEVSKY AND KALINOWSKI COMPLEXES OF SIKHOTE-ALIN: GEOCHEMISTRY AND ISOTOPE RATIOS FOR SAMARA, NEODYMIUM, STRONTIUM AND LEAD**

Gabbroids of the Sergeevsky and Kalinovsky complexes as well as the rocks of the Vladimiro-Alexandrovsky massif have a common mantle source of magmatic material, namely primitive mantle (BSE). They had resulted from interaction of a plume with the sedimentary rocks of the oceanic crust. Judging by geochemical features and the isotope composition of lead, they formed at the basement of the island arc (gabbroids and granite-gneisses of the Okrainsko-Sergeevsky terrane and its fragments and ultrabasites of the Vladimiro-Alexandrovsky massif) or oceanic plateaus (gabbroids of the Kalinovsky complex). They differ

in the chemical composition of their sedimentary component and in the age probably. Since the Devonian at least, the mentioned structures were located near the margin of Khanka massif as two chains of islands.

*Keywords: gabbroid, Sergeevsky complex, Kalinovsky complex, geochemistry, isotopy, Sikhote-Alin.*

#### Authors

*Valentin T. Kazachenko* – Dr. Sci. (Geol.), Head of Laboratory of FEGI FED RAS; e-mail: vkazachenko@mail.ru

*Sergei N. Lavrik* – PhD (Geol.), senior scientific researcher of FEGI RAS; e-mail: s\_lavric@mail.ru

*Elena V. Perevoznikova* – senior scientific researcher of FEGI FED RAS; e-mail: elenavalper@yandex.ru,

*Natalya V. Skosareva* – senior engineer of FEGI FED RAS; e-mail: absenta2004@mail.ru

#### LITERATURA

1. *Hanchuk A.I.* Paleogeodinamicheskij analiz formirovaniya rudnyh mestorozhdenij Dal'nego Vostoka Rossii. Rudnye mestorozhdeniya kontinental'nyh okrain. Vladivostok: Dal'nauka, 2000. 276 s.
2. *Sinica S.M.* O proiskhozhdenii gnejsovoj facii sergeevskih gabbroidov (YUzhnoe Primor'e). Tihookeanskaya geologiya. 2004. T. 23, № 3. S. 32–36.
3. *Kovalenko S.V., Davydov I.A.* Sergeevskij vystup – drevnyaya struktura Yuzhnogo Sihoteh-Alinya // DAN SSSR. 1991. T. 319, № 5. S. 1173–1177.
4. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii / pod red. A.I. Hanchuka. Vladivostok: Dal'nauka, 2006. Kn. 1. S. 1–572.
5. *Oktyabr'skij R.A.* Petrologiya paleozojskih intruzivnyh bazitov YUzhnogo Primor'ya: dis. ... k.n. Vladivostok, 1971, 256 s.
6. *Hanchuk A.I.* Geologicheskie stroenie i razvitie kontinental'nogo obramleniya severo-zapada Tihogo okeana: avtoref. dis. ... d.n. M., 1993. 31 s.
7. Novye mineralogo-petrograficheskie nahodki v zone central'nogo strukturnogo shva (Sihoteh-Alin') / *S.A. Shcheka, V.S. Ivanov, R.A. Oktyabr'skij, G.A. Narnov* // Voprosy magmatizma, metamorfizma i orudneniya Dal'nego Vostoka. Vladivostok, 1973. S. 258–260.
8. *Hanchuk A.I., Panchenko I.V.* Granatovoe gabbro v ofiolitah YUzhnogo Sihoteh-Alinya // DAN SSSR. 1991. T. 321, № 4. S. 800–803.
9. U-Pb, Hf izotopnye i REE sistematiki cirkonov iz sergeevskogo kompleksa Sihoteh-Alinya: genezis kristallov minerala-geohronometra i vozrast etapov stanovleniya porod / *A.A. Alenicheva, K.I. Lohov, I.N. Kapitonov, E.S. Bogomolov, E.V. Adamskaya, S.A. Sergeev* // Materialy IV Rossijskoj konferencii po izotopnoj geohronologii "Izotopnye sistemy i vremya geologicheskikh processov". Sankt-Peterburg, 2009. T. 1. S. 26–28.
10. *Golozubov V.V., Mel'nikov N.G.* Tektonika geosinklinal'nyh kompleksov Yuzhnogo Sihoteh-Alinya. Vladivostok: DVNC AN SSSR, 1986. 128 s.
11. *Savatenkov V.M., Morozova I.M., Levskij L.K.* Povedenie izotopnyh sistem (Sm□Nd; Rb□Sr; K□Ar; U□Pb) pri shchelochnom metasomatoze (fenity zony ehkzokontakta shchelochno-ul'traosnovnoj intruzii) // Geohimiya. 2004. № 10. S. 1027–□1049.
12. *Mel'nikov N.N.* Pogreshnosti metoda dvojnogo izotopnogo razbavleniya pri izotopnom analize obyknovennogo svinca // Geohimiya. 2005. № 12. S. 1333□–1339.
13. *Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / ed. by A.D. Saunders and M.J. Norry // Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication. London, 1989. Vol. 42. P. 313–345.
14. *McCulloch M.T., Gamble J.A.* Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism // Earth Planet. Sci. Lett. 1991. Vol. 102. P. 358–374.
15. Rb and Cs in the esrth and moon and the evolution of the esrths mantle / *W.F. McDonough, S. Sun, A.E. Ringwood, E. Jagoutz, A.W.K. Hofmann* // Geochim. Cosmochim. Acta, Ross Taylor Symposium Volum. 1991.
16. Elemental and Sr isotope variations in basic from Iceland and surrounding ocean floor / *D.A. Wood, J.L. Joron, M. Treuil, M. Norry, J. Tarney* // Contrib. Mineral. Petrol. 1979. Vol. 70. P. 319–339.
17. *Palme H., O'Neill H.St.C.* The Mantle and core // Treatise Geochem. 2003. Vol. 2. P. 1–38.
18. Geochemistry and tectonic environment of the Dagzhuka ophiolite in the Yarlung-Zangbo suture zone, Tibet / *B. Xia, H.X. Yu, G.W. Chen, L. Qi, T.P. Zao, M.F. Zhou* // Geochemical Journal. 2003. Vol. 37. P. 311–324.
19. *Hofmann A.W.* Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust // Earth Plan Sci Lett. 1988. Vol. 90. P. 297–314.
20. *Condie K.C.* High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. 2005. Vol. 79. P. 491–504.
21. *Savel'eva O.L.* Ritmichnost' osadkonakopleniya i sledy anoksicheskikh sobytij v melovyh (al'b-senomanskij) otlozheniyah Vostochnoj Kamchatki: avtoref. dis. ... k.n. M., 2009. 25 s.
22. *Pearce Ju.A.* Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust // Lithos. 2008. Vol. 100. P. 14–48.
23. *Bogina M.M., Zlobin V.L.* Korrelyaciya sumijskogo bazal'tovogo vulkanizma Karel'skogo i Kol'skogo kratonov: petrogeohimiya, vozrast i geodinamicheskaya obstanovka formirovaniya // Magmatizm i metamorfizm v istorii Zemli: tezisy dokladov XI Vserossijskogo petrograficheskogo soveshchaniya. Ekaterinburg, 2010. T. 1. S. 82–83.
24. *Martynov Yu.A.*

Geohimiya bazal'tov aktivnykh kontinental'nykh okrain i zrelykh ostrovnykh dug (na primere Severo-Zapadnoj Pacifiki). Vladivostok: Dal'nauka, 1999. 218 s. **25.** *Shervais I.W.* Ti-V plots and petrogenesis of modern and ophiolitic lavas // *Earth. Planet. Sci. Let.* 1982. Vol. 59, № 1. P 101–118. **26.** *Rollinson H.R.* Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Essex: Longman Group UK Ltd., 1993. 352 p. **27.** *Tatarnikov S.A.* Izotopnyj sostav Pb vkraplennikov kpsn raznovozrastnykh granitov Vostochnogo Zabajkal'ya // *Sovremennye problemy geohimii: materialy nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 50-letiyu Instituta geohimii im. A.P. Vinogradova i 50-letiyu Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk (2–6 aprelya 2007 g.)*. Irkutsk, 2007. S. 60–61. **28.** Rol' ofiolitov v metallogenii Sihoteh-Alinya / *V.T. Kazachenko, E.V. Perevoznikova, S.N. Lavrik, N.V. Skosareva* // *DAN*. 2012. T. 444, № 4. S. 412–416. **29.** Rol' osadochnykh paleobassejnov v metallogenii krupnykh geologicheskikh struktur (na primere Sihoteh-Alinya) / *V.T. Kazachenko, E.V. Perevoznikova, S.N. Lavrik, N.V. Skosareva* // *Osadochnye bassejny, sedimentacionnye i postsedimentacionnye processy v geologicheskoi istorii: materialy IV Vserossijskogo litologicheskogo soveshchaniya*. Novosibirsk, 2013. T. 1. S. 407–411. **30.** *Rostovskij F.I.* Ob izotopnykh otnosheniyah svinca v galenitah rudnykh mestorozhdenij Vostoka Azii // *Tihookeanskaya geologiya*. 2005. T. 24, № 2. S. 33–45. **31.** *Al'meev R.R.* Geohimiya magmatizma vulkana Bezymyannyj: priznaki mantijnogo istochnika i usloviya frakcionirovaniya iskhodnoj magmy: avtoref. dis. ... k.g.-m.n. M., 2005. 26 s.

**N.N. Melnikov, P.V. Amosov, N.V. Novozhilova, S.G. Klimin**

**APPLICATION OF BUILT-IN FREEZING SYSTEMS TO PROVIDE THERMAL SAFETY IN UNDERGROUND LOW-POWER NUCLEAR PLANT (BASED ON NUMERICAL MODELING)**

The paper presents prediction results for spatial distribution of temperature fields around modules of an underground low-power nuclear plant located at permafrost rocks. Some particular parameters of the two examined built-in freezing systems allow to forecast return of the country rock mass into its natural state.

*Keywords: built-in freezing systems, underground nuclear low-power plant, natural state of the rock mass, numerical method.*

**Authors**

*Nikolay N. Mel'nikov* – full member of RAS, scientific leader of Mining Institute KSC RAS;

e-mail: root@goi.kolasc.net.ru;

*Pavel V. Amosov* – PhD (Tech.), senior scientific researcher of Mining Institute KSC RAS;

e-mail: vosoma@goi.kolasc.net.ru;

*Natalya V. Novozhilova* – scientific researcher of Mining Institute of the KSC RAS; e-mail:

nat1966kis@mail.ru.

*Sergey G. Klimin* – leading technologist of Mining Institute of the KSC RAS; e-mail: klimin@goi.kolasc.net.ru

**LITERATURA**

**1.** Ocenka teplovogo vozdejstviya podzemnoj atomnoj stancii maloj moshchnosti na mnogoletnemerzlye gornye porody / *N.N. Mel'nikov, P.V. Amosov, S.A. Gusak, N.V. Novozhilova, S.G. Klimin* // *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2014. № 1(13). S. 30–37. **2.** *Amosov P.V.* Proverka koda dlya chislennogo modelirovaniya teplovykh processov v poristoj srede s uchetom fazovogo perekhoda «led – voda» // *Vestnik MGTU*. 2013. T. 16, № 4. S. 641–643. **3.** *Amosov P.V., Novozhilova N.V.* Analiticheskaya ocenka teplovogo vozdejstviya zaglublennoj atomnoj stancii maloj moshchnosti na mnogoletnemerzlye gornye porody // *Vestnik MGTU*. 2013. T. 16, № 4. S. 638–640. **4.** *Novozhilova N.V., Amosov P.V.* Issledovanie teplovogo sostoyaniya mnogoletnemerzlykh gornyx porod na baze koda PORFLOW // *Nauka i obrazovanie*. 2014: mater. mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Murmansk, 24–28 marta 2014 g., Murm. gos. tekhn. un-t). Murmansk: MGTU, 2014. S. 864–867. **5.** *Amosov P.V., Novozhilova N.V.* Vliyanie poristosti mnogoletnemerzlykh gornyx porod na glubinu ottaivaniya // *Vestnik Kol'skogo nauchnogo centra RAN*. 2014. № 2 (17). S. 58–64. **6.** Sposob iskusstvennogo zamorazhivaniya gruntov // *Vse lektsii*. URL: <http://vse-lektsii.ru/mosty-i-tonneli/stroitelstvo-tonnelej-i-metropolitenov/sposob-iskusstvennogo-zamorazhivaniya-gruntov> (data obrashcheniya: 22.01.2015).



**A.I. Kalashnik, A.Yu. D'yakov**

**GEORADAR RESEARCH OF THE GEOLOGICAL AND STRUCTURAL COMPOSITION OF THE WORKING LEDGE OF THE PIT AIMED AT OPTIMIZATION OF PARAMETERS FOR DBW CARRYING OUT**

The article is devoted to research of the underground massif of rocks in the sites of deep working ledges of the pit "Zheleznui" of JSC Kovdorsky GOK. Results of georadar researches of the rock massif composing a ledge are given together with visual and telemetric inspection before work and after drilling of explosive wells. An interconnection of structural defects in rocks with their dielectric transmissivity was stated. Georadar sounding-based approaches are proposed to operative estimation of structural defects into the explosive block of a working ledge of an open-cast mine.

*Keywords: pit, ledge, DBW, georadar sounding, structural fracturing, operative estimation.*

**Authors**

*Anatoly I. Kalashnik* – PhD (Techn.), Head of Laboratory of Mining Institute KSC RAS;

e-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru

*Andrey Yu. D'yakov* – junior scientific researcher of Mining Institute KSC RAS; e-mail:

dyakov@goi.kolasc.net.ru

**LITERATURA**

1. Issledovaniya georadarami struktury i tekushchego sostoyaniya gornyh porod, slagayushchih ustupy osnovnogo kar'era Kovdorskogo GOKa / A.I. Kalashnik, S.V. Kazachkov, V.A. Soharev, A.YU. D'yakov, D.V. Zaporozhec // Gornyj zhurnal. 2014. №4. S. 60–64.
2. Podpoverhnostnoe georadarnoe zondirovanie gorno-geologicheskikh sred Kol'skogo poluostrova / A.I. Kalashnik, D.V. Zaporozhec, A.YU. D'yakov, A.Yu. Demahin // Vestnik MGTU. Tr. Murman. gos. tekhn. universiteta. 2009. T. 12, № 4. S. 576–583.
3. Issledovaniya gornotekhnicheskikh konstrukcij kar'era georadarnymi tekhnologiyami / A.I. Kalashnik, S.V. Kazachkov, V.A. Soharev, D.V. Zaporozhec, A.YU. D'yakov // Vestnik KNC RAN. 2012. № 2. S. 58–64.
4. Vyyavlenie dislokacij v skal'nyh gornotekhnicheskikh konstrukciyah / A.I. Kalashnik, S.V. Kazachkov, V.A. Soharev, D.V. Zaporozhec, A.Yu. D'yakov // Vestnik MGTU. 2013. T. 16, № 1. S. 93–97.
5. Mel'nikov N.N., Kalashnik A.I. Innovacionnye georadarnye tekhnologii izucheniya podpoverhnostnoj struktury i sostoyaniya prirodno-tekhnicheskikh sistem // Vestnik KNC RAN. 2010. № 3. S. 4–8.
6. Vladov M.L., Starovojtov A.V. Vvedenie v georadiolokaciyu. M.: Izd-vo MGU, 2005. 153 s.

**A.G. Kasikov**

**ICTREMRM KSC RAS: RESEARCH AND DEVELOPMENT IN CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF COBALT**

A survey of research carried out by ICTREMRM KSC RAS in the area of chemistry and technology of cobalt is presented. Being a strategic element, cobalt is in an ever growing demand that stimulates research of Co recovery from different sources. In this work, we introduce some results of research in cobalt leaching from lean sulphide copper-nickel ores, metallurgical slags, cobalt concentrates and synthesis residues of nickel carbonyl. The significance of ICTREMRM' role in development and deployment a hydrochloride solvent extraction technology of cobalt concentrate at Severonikel Combine (Kola MMC) is demonstrated. A new manufacturing scheme of cobalt extraction from sulphide nickel-cobalt mass of Yuzhuralnikel Combine is presented and several methods for in-depth processing of secondary cobalt-containing raw materials are described. Information on relevant researches in the production of cobalt metal and powders, synthesis of salts and complex compounds, as well as studies on cobalt extraction from sewage water with different reagents is given.

*Keywords: ICTREMRM, cobalt concentrate, solvent extraction, isolation, cobalt compounds, raw materials, ore.*

**Author**

*Aleksander G. Kasikov* – Ph.D., Corr. Member of MANEB, Head of Sector of ICTREMRM;

e-mail: kasikov @chemy.kolasc.net.ru.

LITERATURA

1. *Reznik I.D., Sobol' S.I., Hudyakov V.M.* Kobal't. M.: Mashinostroenie, 1995. T. 1. 439 s. 2. Production Statistics 2013 // Cobalt News. 2014. № 2. P. 3–5. 3. *Gubin S.P., Koksharov Yu.L.* Poluchenie nanorazmernykh poroshkov nikelya i kobal'ta dlya sovremennoj promyshlennosti // Neorg. materialy. 2002. T. 38, № 11. S. 1287–1304. 4. *Gromov P.B., Kovalevskij V.P., Kunshina G.B.* Institut himii i tekhnologii redkih ehlementov i mineral'nogo syr'ya – 55 let // Vestnik Kol'skogo nauchnogo centra RAN. 2012. № 4 (11). S. 53–61. 5. Himicheskoe i bakterial'noe vyshchelachivanie medno-nikelevykh rud / *Eh.A. Golovko, A.K. Rozental', V.A. Sedel'nikov, V.M. Suhodrev.* L.: Nauka, 1978. 200 s. 6. *D'yakova L.V., Rtveladze V.V., Kosyakov A.I.* Pererabotka rastvorov posle vyshchelachivaniya shlakov // Gidrometallurgiya i himiya redkih ehlementov: sb. trudov. Apatity, 1991. S. 50–52. 7. *Kasikov A.G., Sharando M.A., Rybin S.G.* Problemy i perspektivy izvlecheniya kobal'ta iz promproduktov i othodov kombinata «YUzhuralnikel'» // Sbornik dokladov Vtoroj mezhd. nauchno–prakticheskoy konferencii «Sovremennye resursosbergayushchie tekhnologii». Odessa, 2012. S. 114–119. 8. Vodostojkie magnezial'nye vyazhushchie na osnove produktov pererabotki shlaka cvetnoj metallurgii / *A.G. Kasikov, V.V. Tyukavkina, B.I. Gurevich, E.A. Majorova* // Stroitel'nye materialy. 2012. № 11. S. 70–73. 9. *Kasikov A.G.* Problemy i perspektivy vovlecheniya v hozyajstvennyj oborot otval'nykh produktov medno-nikelevogo proizvodstva // Sever i rynek 2013. № 1. S. 55–59. 10. Poluchenie amorfnoho kremnezema iz shlakov cvetnoj metallurgii i ego ispol'zovanie dlya magnezial'nykh vyazhushchih / *V.V. Tyukavkina, A.G. Kasikov, B.I. Gurevich, E.A. Majorova* // Himicheskaya tekhnologiya. 2014. № 3. S. 167–172. 11. *Sklyadneva L.F.* Obogashchenie vkraplennykh bednykh medno-nikelevykh rud. Apatity: Izd. KNC RAN, 1994. 106 s. 12. Sposob pererabotki bednykh medno-nikelevykh rud Pechengskogo mestorozhdeniya / *A.I. Kosyakov, M. Hehmehljajnen, L.V. D'yakova, P.B. Gromov, A.G. Kasikov, Yu.N. Neradovskij, V.A. Masloboev, A.V. Solov'ev* // Cvetnye metally. 1996. № 3. S. 17–19. 13. Autoclave processing of low grade copper-nickel concentrates / *A. Kosyakov, M. Hamalainen, P. Gromov, A. Kasikov* // Hydrometallurgy. 1995. Vol. 39, № 1–3. P. 223. 14. *D'yakova L.V., Kasikov A.G., Gromov P.B.* Ehkstrakcionnaya pererabotka mnogokomponentnykh sulfatnykh rastvorov s pomoshch'yu organicheskikh smesej na osnove di-2-ehhtilgeksilfosfornoj kisloty // Novye processy v metallurgii cvetnykh, redkih i blagorodnykh metallov: sb. tr. Apatity, 2001. C. 21–27. 15. *Poznyakov V.YA.* Severonikel'. M.: Ruda i metally, 1999. 428 s. 16. Pat. 2080398 RF, MPK6 C 22 B 23/00. Sposob pererabotki kobal'tovogo koncentrata / *A.G. Kasikov, O.A. Homchenko, V.I. Skorohodov i dr.*; In-t himii i tekhnologii redkih ehlementov i miner. syr'ya KNC RAN. № 95112331/02; zayavl. 18.07.95; opubl. 27.05.97, Byul. № 15. 17. Pat. 2293129 RF, MPK C 22 B 23/00, 3/28 (2006.01). Sposob izvlecheniya kobal'ta iz hloridnykh rastvorov, sodержashchih nikel' i primesnye metally / *A.G. Kasikov, L.V. D'yakova, E.G. Bagrova i dr.*; In-t himii i tekhnologii redkih ehlementov i miner. syr'ya KNC RAN. № 2005126931/02; zayavl. 25.08.05; opubl. 10.02.07, Byul. № 4. 18. Pat. 2240287 RF, MPK7 C 01 G 51/06. Sposob polucheniya karbonata dvuhvalentnogo kobal'ta / *A.G. Kasikov, A.A. Anhimov, K.A. Demidov i dr.*; In-t himii i tekhnologii redkih ehlementov i miner. syr'ya KNC RAN, OAO «Kol'skaya GMK». № 2003107372/15; zayavl. 17.03.03; opubl. 20.11.04, Byul. № 32. 19. *Kasikov A.G.* 10 let novomu kobal'tovomu proizvodstvu // Sever industrial'nyj. 2009. Mart. S. 32–34. 20. Tekhnologicheskij reglament na proizvodstvo 2500 t kobal'ta po ehkstrakcionno- pirometallurgicheskoy skheme s sozdaniem na pervom eh tape modulya moshchnost'yu 650 t kobal'ta. Apatity; Monchegorsk, 2002. Fondy IHTREHMS. Inv. №790. 73 s. 21. Pat. 2534323 RF, MPK S22B 23/02, 5/12 (2006.01). Sposob polucheniya metallicheskogo kobal'ta / *A.G. Kasikov*; In-t himii i tekhnologii redkih ehlementov i miner. syr'ya KNC RAN. № 2013137295/02; zayavl. 08.08.13; opubl. 27.11.14, Byul. № 33. 22. Promyshlennoe osvoenie gidrohloridnoj ehkstrakcionno-ehlektroliznoj tekhnologii polucheniya kobal'ta iz ego gidratnykh koncentratov / *A.G. Kasikov, B.Eh. Zaticij, K.A. Demidov, L.V. D'yakova, O.A. Homchenko* // Him. tekhnologiya. 2005. №3. S. 13–17. 23. *Kasikov A.G., Kshumaneva E.S., Sadovskaya G.I.* Osazhdenie medi iz rastvorov solyano-kislotnogo vyshchelachivaniya gidratnykh koncentratov kobal'ta (III) // Himicheskaya tekhnologiya. 2004. № 9. S. 19–24. 24. *Drogobuzhskaya S.V., Kasikov A.G.* Analiticheskoe soprovozhdenie polucheniya chistogo kobal'ta i ego solej // Perspektivnye materialy. Specvypusk. 2011. S. 111–115. 25. Issledovaniya i razrabotki IHTREHMS KNC RAN v oblasti materialovedeniya dlya resheniya zadach special'noj tekhniki / *V.T. Kalinnikov, A.G. Kasikov, V.M. Orlov, B.M. Frejdin, N.N. Grishin* // Himicheskaya tekhnologiya. 2009. №3. S. 177–182. 26. Misheni dlya raspyleniya iz splava Si-Co / *I.G. Kolesnikova, B.M. Frejdin, V.I. Serba, Yu.V. Kuz'mich, D.L. Rogachev* // Metally. 2008. № 6. S. 96–99. 27. *Majorov L.A.* Mikrostruktura splava hrom-kremnij-kobal't dlya mishenej magnetronnogo raspyleniya // Materialy VI Regional'noj molodezhnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Nauchno-prakticheskie problemy v oblasti himii i himicheskikh tekhnologij» (Apatity, 11–13 aprelya 2012 g.). Apatity: Izd. Kol'skogo nauchnogo centra RAN, 2012. S. 61–

64. **28.** *Kazakova O.S., Kuznecov S.A.* Poluchenie plastichnogo kobal'ta ehlektrorefinirovaniem v solevykh rasplavah // *Cvetnye metally*. 2011. №11. S. 4–8. **29.** Osvoenie ehkstrakcionnykh tekhnologiy v OAO «Kol'skaya GMK» pri proizvodstve kobal'ta i medi / *A.V. Zaharov, I.Eh. Mal'c, O.A. Homchenko, A.G. Kasikov* // *Cvetnye metally*. 2013. № 10. S. 51–55. **30.** *D'yakova L.V., Kasikov A.G., Kadyrova G.I.* Vliyanie prirody i koncentracii modifikatora na ehkstrakciyu kobal'ta iz hloridnykh rastvorov trioktilaminom // *Zhurnal prikladnoj himii*. 2012. № 11. S. 1184–1887. **31.** *D'yakova L.V., Kasikov A.G.* Ehkstrakciya marganca(II) iz hloridnykh nikelevykh rastvorov s ispol'zovaniem trioktilamina // *Zhurnal prikladnoj himii*. 2013. T. 86, № 7. S. 1158–1161. **32.** *Kasikov A.G., Areshina N.S., Makarov V.V.* Sovershenstvovanie tekhnologii izvlecheniya osmiya iz otrabotannoy ionoobmennoj smoly AMP // *Himicheskaya tekhnologiya*. 2000. № 10. S. 19–22. **33.** Izvlechenie reniya i ruteniya iz othodov proizvodstva slozhnolegirovannykh zharoprochnykh splavov na nikelevoj osnove / *A.G. Kasikov, A.M. Petrova, N.S. Areshina, E.S. Kshumaneva, E.Yu. Rakitina* // Tezisy dokladov XX Mezhdunarodnoj Chernyaevskoj konferencii po himii, analitike i tekhnologii platinovykh metallov, (Krasnoyarsk, 7–12 oktyabrya 2013 g.). Krasnoyarsk: Izd. SFU, 2013. S. 143. **34.** *Kshumaneva E.S., Kasikov A.G., Neradovskij Yu.N.* Povedenie sulfidov cvetnykh metallov pri solyanokislotnom vyshchelachivanii ostatkov sinteza karbonil'nogo nikelya // *Zhurnal prikladnoj himii*. 2005. T. 78, vyp. 2. S. 185–190. **35.** Vyshchelachivanie pentlandita v sisteme FeCl<sub>3</sub>-CuCl<sub>2</sub>-HCl / *E.S. Kshumaneva, A.G. Kasikov, Yu.N. Neradovskij, A.T. Belyaevskij* // *Zhurnal prikladnoj himii*. 2009. T. 82, vyp. 8. S. 1233–1238. **36.** Issledovanie povedeniya hal'kozina pri vyshchelachivanii ostatkov sinteza karbonilirovaniya nikelya rastvorami hlorida medi (II) / *E.S. Kshumaneva, A.G. Kasikov, Yu.N. Neradovskij, V.Ya. Kuznecov* // *Zhurnal prikladnoj himii*. 2009. T. 82, vyp. 5. S. 720–726. **37.** Pat. 2398030 RF, MPK S 22 V 7/00, 15/00, 23/00 (2006.01). Sposob pererabotki ostatkov sinteza karbonil'nogo nikelya / *A.G. Kasikov, E.S. Kshumaneva*; In-t himii i tekhnologii redkih ehlementov i miner. syr'ya KNC RAN. № 2009119992/02; zayavl. 26.05.09; opubl. 27.08.10, Byul. № 24. **38.** Pat. 2485190 RF, MPK C 22 B 23/00, 3/08 (2006.01). Sposob pererabotki nikelevogo shtejna / *A.G. Kasikov, M.A. Ivanova, E.G. Bagrova i dr.*; In-t himii i tekhnologii redkih ehlementov i miner. syr'ya KNC RAN. № 2011145852/02; zayavl. 10.11.11; opubl. 20.06.13, Byul. № 17. **39.** *Nikolaev A.I., Majorov V.G., Kopkov V.K.* Razrabotka tekhnologii othodov tverdosplavnogo materiala // Sb. tezisev dokladov nauchn. konf. «Himiya i tekhnologiya pererabotki kompleksnogo syr'ya Kol'skogo poluostrova» (Apatity. 22–24 aprelya 1996 g.). Apatity, 1996. S. 60. **40.** *Gerasimova L.G., Nikolaev A.I.* Utilizaciya tverdyyh othodov proizvodstva s polucheniem pigmentov i drugih neorganicheskikh materialov // *Ehkologiya promyshlennogo proizvodstva*. 2007. № 2. S. 34–43. **41.** *Kasikov A.G.* Primenenie i perspektivy ispol'zovaniya ehkstrakcionnykh processov v otechestvennoj tekhnologii medno-nikelevogo syr'ya // *Him. tekhnologiya*. 2002. № 4. S. 29–36. **42.** *Kasikov A.G.* Pererabotka redkometall'nykh ostatkov ot gidrohlirirovaniya vtovichnykh materialov na nikel'-kobal'tovoj osnove // Mater. simpoziumov / pod red. E.M. Shelkova. M.: OIVT RAN, 2008. S. 113–119. **43.** *Kasikov A.G., Petrova A.M.* Recikling reniya M.: Izd. RENAR, 2014. 98 s. **44.** Pat. 2139307 RF, MPK6 S 09 S 1/00. Sposob polucheniya kobal'tsoderzhashchih pigmentov / *L.G. Gerasimova, L.I. Sklokin, A.G. Kasikov i dr.* № 98113450/12; zayavl. 06.07.98; opubl. 10.10.99, Byul. № 28. **45.** Harakteristiki nanoporoshkov splavov Fe-Co v zavisimosti ot uslovij ih formirovaniya / *I.G. Kolesnikova, B.M. Frejdin, Yu.V. Kuz'mich, V.I. Serba* // *Metally*. 2009. № 4. S. 92–95. **46.** O vliyanii prirody aniona na process termoliza dvoynykh kompleksov [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>][Fe(CN)<sub>6</sub>] i [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub> / *S.I. Pechenyuk, D.P. Domonov, D.L. Rogachev, A.T. Belyaevskij* // *Zhurnal neorganicheskoy himii*. 2007. T. 52, № 7. S. 1110–1115. **47.** *Domonov D.P., Kurat'eva N.V., Pechenyuk S.I.* Stroenie i svojstva dvoynykh kompleksnykh solej [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>][Fe(CN)<sub>6</sub>] i [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sub>2</sub>[Cu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>3</sub>] // *Zhurnal strukturnoj himii*. 2011. T. 52, № 2. S. 365–370. **48.** *Pechenyuk S.I., Semushina Yu.P., Kadyrova G.I.* Sintez i svojstva dvoynykh kompleksnykh solej, soderzhashchih kation [So(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sub>3</sub><sup>+</sup> // *Koordinacionnaya himiya*. 2005. T. 31, № 12. S. 912–917. **49.** Poluchenie ehlektrodnogo materiala modifitsirovannogo litijprovodyashchim tverdym ehlektrolitom / *G.B. Kunshina, V.I. Ivanenko, O.G. Gromov, Eh.P. Lokshin* // *Zhurnal neorganicheskoy himii*. 2014. T. 59, № 12. S. 1415–1419. **50.** Pat. 2430171 RF, MPK S 22 V 23/00, 3/38 (2006.01). Sposob konversii soli cvetnogo metalla / *A.G. Kasikov, L.V. D'yakova*; In-t himii i tekhnologii redkih ehlementov i miner. syr'ya KNC RAN. № 2010125362/02; zayavl. 21.06.10; opubl. 27.09.11, Byul. № 27. **51.** Cobalt salts production by using solvent extraction / *L.V. Dyakova, A.G. Kasikov, E.S. Kshumaneva, S.V. Drogobuzhskaya* // *Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry*. 2010, 5 (1). R. 90–94. **52.** Pat. 2489502 RF, MPK C 22 V 3/28, 3/40 (2006.01). Sposob konversii hlorida metalla v ego sulfat / *A.G. Kasikov*; In-t himii i tekhnologii redkih ehlementov i miner. syr'ya KNC RAN. № 2012122236/02; zayavl. 29.05.12; opubl. 10.08.13. Byul. № 22. **53.** Dezaktivaciya zhidkikh radioaktivnykh othodov s povyshennym solesoderzhaniam /

*Eh.P. Lokshin, V.I. Ivanenko, H.B. Avsaragov, V.T. Kalinnikov // Innovacionnyj potencial Kol'skoj nauki. Apatity. 2005. S. 160–166. 54. Maslova M.V., Gerasimova L.G., Motina N.V. Issledovanie sorbcionnyh svojstv kompozicionnogo materiala na osnove fosfata titana po otnosheniyu k ionam cvetnyh metallov // Zhurn. priklad. himii. 2008. T. 81, vyp. 1. S. 35–40. 55. Maslova M.V., Gerasimova L.G., Ohrimenko R.F. Vliyanie prirody prekursorov kremnievoj kisloty na strukturu i sorbcionnye svojstva kompozicionnogo ionoobmennika // Fizika i himiya stekla. 2011. T. 37, № 1. S. 90–98. 56. Vydelenie nikel'-kobal'tovogo koncentrata pri ochildke stochnyh vod medno-nikelevogo proizvodstva / V.G. Majorov, L.L. Krejmer, V.L. Dubrovskij, V.K. Kopkov, A.SH. Gershenkop, A.I. Nikolaev // Cvetnye metally. 2000. № 10. S. 86–88.*

**V.B. Belakhovsky, A.E. Kozlovsky, V.A. Pilipenko**

**DETERMINATION OF THE LATITUDE PROFILE FOR THE RESONANCE FREQUENCY OF THE Pc5 PULSATIONS BY EISCAT RADAR DATA**

In this paper, we consider the long-period geomagnetic Pc5 pulsations in the morning sector for the event of 29 April 2001 observed at stations of IMAGE profile and at the Barentsburg (BAB) station. The manifestations of the resonance properties were observed for geomagnetic Pc5 pulsations: the decrease of frequency of Pc5 pulsations with increase of the geomagnetic latitude, change of the phase and ellipticity during passage through the resonance region. For the study of the geomagnetic Pc5 pulsations manifestation in ionosphere parameters, the data of the incoherent scatter VHF EISCAT radar in Tromsø were used. The beam of the VHF EISCAT radar was inclined on 30° to the horizon and directed to the Spitsbergen. So, the increase of height along the radar beam was accompanied by the increase of the geomagnetic latitude. The clear Pc5 pulsations were observed in the line of sight velocity of the ionospheric plasma from 68 to 72 degrees of geomagnetic latitude that correspond to the height of 100–410 km. At the same time, the clear Pc5 pulsations were not observed in the density, ion and electron temperature of the ionosphere plasma. The spectral analysis shows the decrease of frequency of Pc5 pulsations in ionosphere plasma velocity with the increase of the geomagnetic latitude. This fact indicates about manifestation of the resonance properties in the ionosphere plasma velocity. So, the possibility was shown to determine the latitude distribution of the resonance frequency of Pc5 pulsations from the radar data obtained in a fixed point.

*Keywords: solar-terrestrial physics, ionosphere, magnetosphere, geomagnetic pulsations, arctic latitudes, incoherent scatter radar.*

**Authors**

*Vladimir B. Belakhovsky* – PhD (Phys.-Math.), scientific researcher of PGI; e-mail: belakhov@mail.ru

*Alexander E. Kozlovsky* – PhD (Phys.-Math.), Adjunct Professor of Sodankylä Geophysics observatory; e-mail: alexander.kozlovsky@oulu.fi

*Vyacheslav A. Pilipenko* – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of Laboratory of EPI RAS; e-mail: pilipenko\_va@mail.ru

**LITERATURA**

1. *Southwood D.J.* Some features of field line resonances in the magnetosphere // *Planet. Space Sci.* 1974. Vol. 22, № 3. P. 483–491.
2. Observations at geosynchronous orbit of a persistent Pc5 geomagnetic pulsation and energetic electron flux modulations / *T.E. Sarris, T.M. Aniu Loto, X. Li, H.J. Singer // Ann. Geophys.* 2007. Vol. 25. P. 1653–1667.
3. ULF wave modulation of the ionospheric parameters: Radar and magnetometer observations / *V. Pilipenko, V. Belakhovsky, A. Kozlovsky, E. Fedorov, K. Kauristie // J. Atmosph. Solar-Terr. Phys.* 2014. Vol. 108. P. 68–76.
4. *Walker A.D.M., Greenwald R.A., Stuart W.F., Green C.A.* Stare auroral radar observations of Pc5 geomagnetic pulsations // *J. Geophys. Res.* 1979. Vol. 84, № A7. P. 3373–3388.
5. *Lathuillere C., Glangeaud F., Zhao Z.Y.* Ionospheric ion heating by ULF Pc 5 magnetic pulsations // *J. Geophys. Res.* 1986. Vol. 91. P. 1619–1626.
6. *Buchert S.C., Fujii R., Glassmeier K.-H.* Ionospheric conductivity modulation in ULF pulsations // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 104. A5. 10119–10133.
7. *Pitout F., Eglitis P., Blelly P.-L.* High-latitude dayside ionosphere response to Pc5 field line resonance // *Ann. Geophys.* 2003. Vol. 21, №7, P. 1509–1520.
8. Spatial and temporal behavior of ULF pulsations observed by the Goose Bay HF radar / *A.D.M. Walker, J.M. Ruohoniemi, K.B. Baker, R.A. Greenwald, J.C. Samson // J. Geophys. Res.* Vol. 97, № A8. P. 12187–12202. doi:10.1029/92JA00329. 1992.

**V.G. Dvoretzky**

**WINTER FEATURES OF ZOOPLANKTON DISTRIBUTION IN THE PECHORA SEA**

Zooplankton community of the Pechora Sea was analyzed based on the data obtained in the beginning of the 2010 winter period. In all, 29 taxa were found in the samples. Their total abundance varied from 931 to 4360 ind/m<sup>3</sup>, averaging 1810±354 ind/m<sup>3</sup>. Biomass varied in the range 25–401 mg of wet mass/m<sup>3</sup> with the average of 94±41 mg/m<sup>3</sup>. Copepods dominated zooplankton community in terms of the total abundance with *Pseudocalanus* spp., *Oithona similis*, *Temora longicornis* and *Acartia longiremis* being the most numerous. A tendency of increase in the share of typical marine species from the southern part of the investigated area to the northern part was revealed. Zooplankton abundance and biomass were directly depending on the average water temperature, salinity and depth of sampling while the opposite relation was found with sampling time. Stations were highly similar in taxa and essentially different in terms of abundance and biomass.

*Keywords: zooplankton, communities structure, Barents Sea.*

**Author**

Vladimir G. Dvoretzky – PhD (Biol.), senior scientific researcher MMBI KSC RAS; e-mail: vdvoretzkiy@mmbi.info

**LITERATURA**

1. Kompleksnye issledovaniya bol'shikh morskikh ehkositsem Rossii. Apatity: Izd. KNC RAN, 2011. 516 s.
2. Plankton morej Zapadnoj Arktiki. Apatity: Izd. KNC RAN, 1997. 352 s.
3. Dvoreckij V.G. Mezhdogodovye variacii troficheskoj struktury i bioraznoobraziya zooplanktonnyh soobshchestv v yuzhnoj chasti Barenceva morya // Izv. TINRO. 2011. T. 165. S. 185–195.
4. Dvoreckij V.G. Produkciya kormovogo zooplanktona v Barencevom more v letnij period // Izv. TINRO. 2012. T. 168. S. 169–183.
5. Dvoreckij V.G., Dvoreckij A.G. Raspredelenie biomassy zooplanktona v Barencevom more v 2007 g. // Izv. TINRO. 2010. T. 161. S. 162–171.
6. Dvoreckij V.G., Dvoreckij A.G. Raspredelenie zooplanktona Barenceva morya v avguste 2006 g. // Okeanologiya. 2010. T. 50, № 6. S. 964–972.
7. Dvoreckij V.G., Dvoreckij A.G. Dinamika biomassy zooplanktona i *Calanus finmarchicus* v pribrezh'e Barenceva morya v razlichnyh termicheskikh usloviyah // Izv. RAN. Ser. Biol. 2012. № 6. S. 667–672.
8. Dvoreckij V.G., Dvoreckij A.G. Vidovoe raznoobrazie zooplanktonnyh soobshchestv zapadnoarkticheskikh morej // Biol. morya. 2014. T. 40, № 2. S. 108–112.
9. Dvoreckij V.G., Dvoreckij A.G. Mezhdogodovaya fluktuaciya zooplanktona na Kol'skom razreze (Barencevo more) v svyazi s faktorami sredy // Izv. RAN. Ser. Biol. 2014. № 4. S. 398–407.
10. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Epiplankton in the Barents sea: Summer variations of mesozooplankton biomass, community structure and diversity // Cont. Shelf Res. 2013. Vol. 52. P. 1–11.
11. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Structure of mesozooplankton community in the Barents Sea and adjacent waters in August 2009 // J. Nat. Hist. 2013. Vol. 47. P. 2095–2114.
12. Dvoreckij V.G. Razmernaya struktura populyacij *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* i *C. hyperboreus* vo vnutrennih vodah arhipelaga Zemlya Franca-Iosifa v avguste 2006 i 2007 gg. // Problemy Arktiki i Antarktiki. 2012. № 3. S. 28–39.
13. Dvoreckij V.G., Dvoreckij A.G. Letnyaya produkciya kopepod v Barencevom more // Dokl. RAN. 2009. T. 428, № 3. S. 423–425.
14. Dvoreckij V.G., Dvoreckij A.G. Zimnij zooplankton yugo-zapadnoj chasti Barenceva morya (mart 2007 g.) // Rybn. hoz-vo. 2013. № 2. S. 74–78.
15. Dvoretzky V.G. Distribution of *Calanus* species off Franz Josef Land (Arctic Barents Sea) // Polar Sci. 2011. Vol. 5. P. 361–373.
16. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Summer mesozooplankton distribution near Novaya Zemlya (eastern Barents Sea) // Polar Biol. 2009. Vol. 32. P. 719–731.
17. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Summer mesozooplankton structure in the Pechora Sea (south-eastern Barents Sea) // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2009. Vol. 84. P. 11–20.
18. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Mesozooplankton structure in Dolgaya Bay (Barents Sea) // Polar Biol. 2010. Vol. 33. P. 703–708.
19. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Checklist of fauna found in zooplankton samples from the Barents Sea // Polar Biol. 2010. Vol. 33. P. 991–1005.
20. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Copepod communities off Franz Josef Land (northern Barents Sea) in late summer of 2006 and 2007 // Polar Biol. 2011. Vol. 34. P. 1231–1238.
21. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Estimated copepod production rate and structure of mesozooplankton communities in the coastal Barents Sea during summer–autumn 2007 // Polar Biol. 2012. Vol. 35. P. 1321–1342.
22. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Summer mesozooplankton community of Moller Bay (Novaya Zemlya Archipelago, Barents Sea) // Oceanologia. 2013. Vol. 55. P. 205–218.
23. Instrukciya po sboru i obrabotke planktona. M.: Izd. VNIRO, 1971. 82 s.
24. Zelikman Eh.A. K plankticheskoj karakteristike yugo-vostochnogo sektora Barenceva morya (po materialam avgusta

1958 g.) // *Gidrologicheskie i biologicheskie osobennosti pribrezhnyh vod Murmana*. Murmansk: Murm. kn. izd-vo, 1961. S. 39–58. **25. Timofeev S.F., Shirokolobova O.V.** Zooplankton i ego znachenie v sisteme ehkologicheskogo monitoringa // *Ehkosistemy, bioresursy i antropogennoe zagryaznenie Pechorskogo morya*. Apatity: Izd-vo KNC RAN, 1996. S. 54–60. **26. Timofeev S.F.** *Ehkologiya morskogo zooplanktona*. Murmansk: Izd-vo MGPI, 2000. 216 s. **27. Zelikman Eh.A., Kamshilov M.M.** *Mnogoletnyaya dinamika biomassy planktona yuzhnoj chasti Barenceva morya i faktory, ee opredelyayushchie* // Tr. MMBI AN SSSR, 1960. T. 2(6). S. 68–102. **28. Raymont J.E.G.** *Plankton and productivity in the oceans*. Vol. 2. Zooplankton. Southampton: Pergamon Press, 1983. 824 p. **29. Fomin O.K.** *Nekotorye dinamicheskie harakteristiki zooplanktona v pribrezh'e Murmana // Zakonomernosti bioprodukcionnyh processov v Barencevom more*. Apatity: Izd. KF AN SSSR, 1978. S. 72–91. **30. Dvoreckij V.G., Dvoreckij A.G.** *Biologiya i rol' Oithona similis v zooplanktone morej Arktiki*. Apatity: Izd. KNC RAN, 2011. 349 s. **31. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G.** *Life cycle of Oithona similis (Copepoda: Cyclopoida) in Kola Bay (Barents Sea)* // *Mar. Biol.* 2009. Vol. 156. P. 1433–1446. **32. Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G.** *Morphological plasticity in the small copepod Oithona similis in the Barents and White Seas* // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 385. P. 165–178.

### **V.N. Petrov**

#### **FEATURES OF INFLUENCE OF OXYGEN' PARTIAL DENSITY GRADIENT IN THE AIR ON THE HEALTH STATUS OF POPULATIONS LIVING IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

The number of red blood cells and amount of hemoglobin for men and women living in the Apatity town is proved to be higher than the same indices for their peers in Central Russia, Serpukhov. The level of erythrocytes for inhabitants of Apatity is at the upper limit of normal range for both women and men. We suppose that this is due to climatic differences.

In the given work, we compare the disease incidence for the population of the municipalities different in climatic factors only, namely Serpukhov (Moscow region, 56 degrees North latitude) and Apatity (Murmansk region, 68 degrees North latitude). The leading place in the structure of morbidity of the children's population of the Apatity town belongs to diseases of respiratory organs, diseases of the eye and accessory apparatus; they also have an increased level of diseases of the musculoskeletal system and connective tissue.

Among the adult population of the city of Apatity in the last 10 years, the growth of such diseases as diseases of the circulatory, musculoskeletal, genitourinary systems as well as diseases of the eye and adnexa has been detected.

*Keywords: climatic and weather conditions, partial pressure of oxygen, adaptation factors, general body resistans, haemoglobin and red (blood) cells level.*

### **Author**

*Vladimir N. Petrov* – PhD (Biol.), senior scientific researcher of Dept. for Medical-and-Biological Problems of Human Adaptation to the Arctic (HAA) of KSC RAS;  
e-mail: petrov\_ombp@admksk.apatity.ru

### **LITERATURA**

**1. Ovcharova V.F.** *Klimat i zdorov'e cheloveka* // *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma VMO/VOZ/YUNEP SSSR* (Leningrad, 22-26 sentyabrya 1986 g.). L.: Gidrometeoizdat, 1988. T. 2. **2. Klimat i zdorov'e cheloveka: trudy mezhdunarodnogo simpoziuma VMO/VOZ/YUNEP SSSR (Leningrad, 22–26 sentyabrya 1986 g.). L.: Gidrometeoizdat, 1988. T. 2. **3. Kim L.B.** *Gazovyy sostav i kislotno-osnovnoe sostoyanie krovi u zhitelej Krajnego Severa* // *Byulleten' SO RAMN*. 2002. №1(103). S. 77–81. **4. Kishkun A.A.** *Rukovodstvo po laboratornym metodam diagnostiki* // M.: GEHOTAR-Media, 2007. 779 s. **5. Lucenko M.T., Nadtochij E.V.** *Morfofunktional'naya harakteristika slizistoj bronhov pri bronhial'noj astme na fone gipoksii* // *Byulleten' fiziologii i patologii dyhaniya*. 2008. № 28. S. 38–43. **6. Harakteristika individual'nyh razlichij funkcional'nogo sostoyaniya cheloveka v usloviyah gipoksicheskoy gipoksii / V.O. Samojlov i dr.** SPb.: Voenno-medicinskaya akademiya cheloveka im. S.M. Kirova, 2013. №3(43). S. 111–117. **7. Soroko S.I., Bekshaev S.S., Rozhkov V.P.** *EHEHG-markery narusheniya sistemnoj deyatel'nosti mozga pri gipoksii* // *Fiziologiya cheloveka*. 2007. T. 33, № 5. S. 1–15. **8. Bojko E.R.** *Sezonnaya dinamika funkcional'nyh pokazatelej u severyan – uchastnikov proekta «Mars-500»* // *Adaptaciya cheloveka k ehkologicheskim i social'nym usloviyam Severa / otv. red. d.m.n. prof. E.R. Bojko*. Syktyvkar; Ekaterinburg: UrO RAN, 2012. S. 28–33.**

- 9. Velichkovskij B.M.** U severyan «osoby» legkie // Social'noe partnerstvo. 2006. № 3. **10. Evdokimov V.G., Rogachevskaya O.V., Varlamova N.G.** Modeliruyushchee vliyanie faktorov Severa na kardiorespiratornyuyu sistemu cheloveka v ontogeneze. Ekaterinburg: Uro RAN, 2007. 257 s. **11. Zav'yalova A.A.** Pokazateli statisticheskikh legochnykh ob'emov u detej-severyan srednego shkol'nogo vozrasta v razlichnye sezony goda // Adaptaciya cheloveka na Severe: mediko-biologicheskie aspekty. Arhangel'sk, 2012. S. 94–98. **12.** Funkciya vneshnego dyhaniya u molodyh muzhchin Evropejskogo Severa v godovom cikle / N.G. Varlamova i dr. // Fiziologiya cheloveka. 2008. № 6. S. 85–91. **13. Gudkov A.B., Popova O.N., Efimova N.V.** Sezonnnye izmeneniya bioehlektirecheskoj aktivnosti miokarda u urozhencev Evropejskogo Severa 18–22 let // Ehkologiya cheloveka. 2012. № 9. S. 32–37. **14. Chupakova L.V.** Izmeneniya pokazatelej legochnogo gazoobmena u detej starshego shkol'nogo vozrasta, zhitelej Evropejskogo Severa, v godovom cikle // Adaptaciya cheloveka na Severe: mediko-biologicheskie aspekty. Arhangel'sk, 2012. S. 348–352. **15. Gerasimov I.G., Samohina E.V.** Vzaimosvyaz' mezhdru pokazatelyami gemodinamiki i dyhaniya u cheloveka // Fiziologiya cheloveka. 2003. T. 29, № 4. S. 72–75. **16. Kim L.B.** Sostoyanie vneshnego dyhaniya u zhitelej Krajnego Severa v zavisimosti ot vozrasta i polyarnogo stazha // Byulleten' SO RAMN. 2010. T. 30, № 3. S. 18–23. **17. Deryapa N.R., Ryabinin I.F.** Adaptaciya cheloveka v polyarnyh rajonah zemli. Leningrad: Medicina, 1977. 294 s. **18. Velichkovskij B.T.** Prichiny i mekhanizmy snizheniya koehfficienta ispol'zovaniya kisloroda v legkih cheloveka na Krajnem Severe // Biosfera. 2010. T. 1, № 2. S. 213–217. **19. Zenchenko T.A., Solonin YU.G., Merzlyj A.M.** Ocenka individual'noj chuvstvitel'nosti organizma cheloveka k dejstviyu atmosferyh faktorov v usloviyah severnyh shirot // Adaptaciya cheloveka k ehkologicheskim i social'nym usloviyam Severa / otv. red. d.m.n., prof. E.R. Bojko. Syktyvkar; Ekaterinburg: UrO RAN, 2012. S. 279–284. **20. Bershtejn A.D.** O regional'noj gipoksii pokoya i raboty // Akklimatizaciya i trenirovka sportsmenov v gornoj mestnosti. Alma-Ata, 1965. 129 s. **21. Kolchinskaya A.Z.** Dyhanie pri gipoksii // Fiziologiya dyhaniya. SPb., 1994. S. 589–624. **22. Malkin V.B., Gippenrejtser E.B.** Ostraya i hronicheskaya gipoksiya // Problemy kosmicheskoy biologii. 1977. T. 35. 319 s. **23. Sherrer ZH.** Fiziologiya truda (ehrgonomiya): per. s fr. M., 1973. 496 s. **24.** Vliyanie shiroty prozhivaniya v usloviyah severa na organizm podrostkov / Yu.G. Solonin i dr. // Fiziologiya cheloveka. 2012. T. 38, № 2. S. 107. **25. Shevereva Yu.R., Sokolov A.Ya.** Parametry serdechno-sosudistoj sistemy u detej i podrostkov Magadana // Ehkologiya severnyh territorij Rossii. Problemy, prognoz situacii, puti razvitiya, resheniya: materialy mezhdun. konf. Arhangel'sk, 2002. T. 2. S. 722–724. **26. Kolchinskaya A.Z.** Gipoksicheskaya gipoksiya, gipoksiya nagruzki: povrezhdayushchij i konstruktivnyj ehffekty // Hypoxia Med.J. 1993. №1(3). S. 18–13. **27.** Individual'nye osobennosti adaptacii k fizicheskim nagruzkam v usloviyah holodnogo klimata / S.G. Krivoshchekov i dr. // Adaptaciya cheloveka k ehkologicheskim i social'nym usloviyam Severa / otv. red. d.m.n., prof. E.R. Bojko. Syktyvkar; Ekaterinburg: UrO RAN, 2012. S. 90–98. **28. Krivoshchekov S.G., Divert G.M., Divert V.Eh.** Rasshirenie funkcional'nogo diapazona reakcij dyhaniya i gazoobmena pri povtornyh gipoksicheskikh vozdejstviyah. 2005. № 31(3). S. 100–107. **29. Krivoshchekov S.G., Divert G.M., Divert V.Eh.** Individual'nye osobennosti vneshnego dyhaniya pri preryvistoj normobaricheskoj gipoksii // Fiziologiya cheloveka. 2006. № 32(3). S. 62–69. **30. Krivoshchekov S.G., Divert G.M., Divert V.Eh.** Reakciya trenirovannyh k zaderzhki dyhaniya lic na preryvistuyu normobaricheskuyu gipoksiyu. 2007. № 33(3). S. 75–80. **31. Grechkina L.I., Sokolov A.Ya.** Morfologicheskie osobennosti i funkcional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoj sistemy u devochek-sportsmenok Magadana // Ehkologiya severnyh territorij Rossii. Problemy, prognoz situacii, puti razvitiya, resheniya: materialy mezhdunar. konf. Arhangel'sk, 2002. T. 2. S. 656–658. **32.** Rezervnye vozmozhnosti regulyacii immunnogo statusa u cheloveka v usloviyah Severa / L.S. Shchegoleva i dr. // Ehkologiya severnyh territorij Rossii. Problemy, prognoz situacii, puti razvitiya, resheniya: materialy mezhdunar. konf. Arhangel'sk, 2002. T. 2. S. 725–729. **33. Dobrodeeva L.K., Dobrodeev K.G.** Immunomodulyatory rastitel'nogo i vodoroslevogo proiskhozhdeniya: monografiya. Arhangel'sk: Arhang. gos. tekhn. un-t, 2008, 294 s. **34. Petrov V.N.** Pochemu boleyut zhiteli Serpuhovskogo regiona? Serpuhov, 1998. 51 s. **35.** Rukovodstvo po laboratornym metodam diagnostiki / pod red. d.m.n., prof. A.A. Kishkun. M.: GEHOTAR-Media, 2007. 800 s. **36. Vahnina N.A., Bojko E.R.** Intensivnost' processov perekisnogo okisleniya lipidov v krovi zhitelej Krajnego Severa v sostoyanii ostrogo alkogol'nogo psihoza // Adaptaciya cheloveka k ehkologicheskim i social'nym usloviyam Severa / otv. red. d.m.n., prof. E.R. Bojko. Syktyvkar; Ekaterinburg: UrO RAN, 2012. S. 69–72. **37. Fomin A.N.** Osobennosti formirovaniya prisposobitel'nyh reakcij u prishlogo naseleniya na Severe: avtoref. dis. ... d.m.n. Novosibirsk, 2004. **38. Divert V.Eh., Komlyagina T.G., Krivoshchekov S.G.** Vliyanie ostroj normobaricheskoj gipoksicheskoy nagruzki na regionarnoe krovosnabzhenie verhnjej konechnosti // Fiziologiya cheloveka. 2004. T. 30, № 6. S. 51–56. **39. Divert V.Eh., Krivoshchekov S.G.** Kardiorespiratornye reakcii pri narastayushchej

normobaricheskoj ingalyacionnoj gipoksii u zdorovogo cheloveka // Fiziologiya cheloveka. 2013. T. 39, № 4. S. 82–92. **40.** *Akimov G.A.* Nachal'nye proyavleniya sosudistyh zabolevanij golovnogogo mozga. L.: Medicina, 1983. 221 s. **41.** *Bogolepov N.K.* Cerebral'nye krizy i insul'ty. M.: Medicina, 1971. 391 s. **42.** *Yastrebtseva T.A.* Rol' funkcional'nogo sostoyaniya sistemnoj, cerebral'noj i lokal'noj gemodinamiki glaza v razvitii i progressirovanii miopii u shkol'nikov pubertatnogo vozrasta na Severe // Rossijskij oftal'mologicheskij zhurnal. 2013. T. 61, № 1. S. 61–63. **43.** *Shmykov I.I., Perel'man Yu.M.* Vozrastnye izmeneniya ventilyacionnoj funkcii legkih i gemodinamiki malogo kruga krovoobrashcheniya u detej i podrostkov – zhitelej Severa // Fiziologiya cheloveka. 1990. T. 16, № 5. S. 69–75. **44.** Bol'shaya medicinskaya ehnciklopediya: v 30 t. / pod red. *B.V. Petrovskogo*. 1982. **45.** *Zavadskaya T.S., Belisheva N.K., Kalashnikova I.V.* Zavisimost' funkcional'nogo sostoyaniya perifericheskoj krovi cheloveka ot variacij geliogeofizicheskikh agentov v usloviyah zapolyar'ya // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2012. T. 14, № 5(2). S. 448–451. **46.** *Kovalev I.V., Gun G.E., Mizun YU.G.* Mediko-ehkologicheskie problemy na Kol'skom Severe. M.: RAMN Institut mediko-ehkologicheskikh problem Severa, 1977. S. 180.

**V.N. Svetochev, O.N. Svetocheva**

#### **DIET AND TROPHIC RELATIONSHIPS OF SEALS IN THE WHITE SEA**

The paper summarizes the data on seals diet in the White Sea for many years and describes interspecific trophic relationships. It is shown that the ringed seal and bearded seal are not in competitive relations, the harp seal has an impact on other seals, intensity of competition is insignificant because the harp seal is a seasonal migrant in the White Sea. Gray and harbor seals do not experience the trophic tension with other seals due to their seasonal sojourn in the White Sea, but the high degrees of competition for food between these seals and other pinnipeds is possible, if the trend for restoration their habitat in the White Sea will be continued.

*Keywords: diet, trophic relationships, trophic competition, seals, White Sea.*

#### **Authors**

*Vladislav N. Svetochev* – PhD (Biol.), senior scientific researcher of Lab. for Sea Mammals of MMBI KSC RAS; e-mail: svol@atnet.ru

*Olga N. Svetocheva* – PhD (Biol.), senior scientific researcher of Lab. for Sea Mammals of MMBI KSC RAS; e-mail: svol@atnet.ru

#### **LITERATURA**

**1.** *Svetochev V.N., Svetocheva O.N.* Morskije mlekopitayushchie: biologiya, pitanie, zapasy // Biologicheskie resursy Belogo morya: izuchenie i ispol'zovanie // Issledovaniya fauny morej. SPb.: RAN, 2012. T. 69 (77). S. 261–286. **2.** *Palenichko Z.G.* Itogi kompleksnyh issledovanij v Onezhskom zalive Belogo morya: materialy po kompleksnomu issledovaniyu Belogo morya. M.; L., 1957. Vyp. 1. S. 15–43. **3.** *Shavykin A.A., Il'in G.V.* Ocenka integral'noj uyazvimosti Barenceva morya ot neftyanogo zarazheniya. Murmansk: MMBI KNC RAN, 2010. 110 s. **4.** Krasnaya kniga RF (zhivotnye). M.: AST; Astrel', 2001. 860 s. **5.** IUCN Red List. URL: <http://www.iucnredlist.org/> **6.** ICES2015. Report of the Working Group on Harp and Hooded Seals (WGHARP), 17–21 November 2014, Quebec City, QC Canada. ICESCM 2013/ACOM:20. 56 p. **7.** *Svetochev V.N., Svetocheva O.N.* Raspredelenie i chislennost' nerpy (Pusahispida) i morskogo zajca (*Erygnathusbarbatus*) v Belom more v iyune 1993 g. // Problemy izucheniya, racional'nogo ispol'zovaniya i ohrany prirodnyh resursov Belogo morya: materialy dokl. SPb., 1995. S. 139–141. **8.** *Bondarev V.A.* Chislennost' i raspredelenie nerpy (Pusahispida) i morskogo zajca (*Erygnathusbarbatus*) v Belom more letom 2003 g. // Morskije mlekopitayushchie Golarktiki: materialy III mezhdunar. konf. (Koktebel', 11–17 oktyabrya 2004 g. ). M.: OOO KMK, 2004. S. 85–88. **9.** Joint PINRO/IMR report on the state of the Barents Sea ecosystem 2006, with expected situation and considerations for management / ed. by J.E. Stiansen, A.A. Filin // IMR/PINRO Joint Report Series. 2007. No. 2. 209 p. **10.** Joint Norwegian-Russian environmental status 2008. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II – Complete report / *J.E. Stiansen, O. Korneev, O. Titov, P. Arneberg* (Eds.); *A. Filin, J.R. Hansen, Å. Høines, S. Marasaev* (Co-eds.) // IMR/PINRO Joint Report Series. 2009(3). 375 p. **11.** *Chapskij K.K.* Lastonogie i zubatye kity // Mlekopitayushchie Sovetskogo Soyuzu / pod red. *V.G. Gepnera*. M.: Vysshaya shkola, 1976. T. 2, ch. 3. 718 s. **12.** *Bychkov V.A.* Perspektivy proniknoveniya pyatnistogo tyuleny v Beloe more // Ehkol. ptic i tyulenej v moryah Sev.-Zap. Rossii. Apatity: MMBI KNC RAN, 1997. S. 196–211. **13.** Lastonogie. Kitoobraznye // Fauna evropejskogo



Severo-Vostoka Rossii. Mlekopitayushchie / N.M. Polezhaev, V.A. Potelov, A.N. Petrov, A.N. Pystin, N.D. Neifel'd, S.M. Sokol'skij, B.N. Tyurnin. 1998. T. 2, ch. 2. S. 7–32; 190–242. **14.** Svetочева O.N. Harakteristika pitaniya kol'chatoj nerpy (Pusahispida) v Belom more: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Petrozavodsk, 2005. 20 s. **15.** Potelov V.A. Pitanie morskogo zajca // Materialy rybohoz. issled. Vyp. 18. Murmansk, 1971. S. 107–121. **16.** Svetочева O.N., Svetочев V.N. Nerpa Belogo morya: chislennoost', raspredelenie, pitanie. Apatity: Izd. KNC RAN, 2010b. 241 s. **17.** Food habits of harp seals (*Phoca groenlandica*) during lactation and moult in March-May in the Southern Barents Sea and White Sea / K.T. Nilssen, T. Haug, V.A. Potelov, V.A. Stasenkov, Y. Timoshenko // ICES J. mar. Sci. 1995. Vol. 52. P. 33–41. **18.** Svetочева O.N. Osobennosti pitaniya nerpy (*Pusa hispida*) ryboj v Belom more // Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: sb. nauch. tr. M., 2004. S. 498–504. **19.** Svetочева O.N. O pitanii nerpy kolyushkami (*Gasterosteidae*) v Belom more // Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: sb. nauch. tr. po materialam 7-j mezhdunar. konf. (Suzdal', 24–28 sent. 2012 g.). M., 2012. T. 2. S. 218–222. **20.** Svetочева O.N., Svetочев V.N. Osobennosti zimnego pitaniya nerpy (Pusahispida) v Belom more // Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: sb. nauch. tr. po materialam 6-j mezhdunar. konf. (Kaliningrad, 11–15 okt. 2010 g.). Kaliningrad: Kapros, 2010. S. 507–510. **21.** Lukin L.R., Ognetrov G.N. Morskie mlekopitayushchie Rossijskoj Arktiki. Ekaterinburg: UrO RAN, 2009. 202 s. **22.** Svetочева O.N. Pitanie morskogo zajca (*Erignathus barbatus*) v Belom more // II Vserossijskaya konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem "Problemy izucheniya i ohrany zhivotnogo mira na Severe" (Syktyvkar, 8–12 apr. 2013 g.). Syktyvkar, 2013. S. 181–183. **23.** Svetочев V.N. Pitanie molodyh grenlandskih tyulenej (*Phoca groenlandica*) vesnoj v Grenlandskom more // Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: sb. nauch. tr. po materialam 6-j mezhdunar. konf. (Kaliningrad, 11–15 okt. 2010 g.). Kaliningrad: Kapros, 2010. S. 511–513. **24.** Svetочев V.N., Svetочева O.N. Ehkologiya pitaniya grenlandskogo tyulenyja vesnoj v Belom more // Doklady RAN. 2009. T. 429, № 4. S. 571–573. **25.** Chuchukalo V.I. Pitanie i pishchevye otnosheniya nektona i nektobentosa v dal'nevostochnyh moryah: avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. Vladivostok: TINRO, 2006. 159 s. **26.** Svetочева O.N., Svetочев V.N. Biologicheskij monitoring nerpy (*Pusa hispida*) v zapadnos sektore Rossijskoj Arktiki i ego osnovnye parametry // Izuchenie i osvoenie morskikh i nazemnyh ehkosistem v usloviyah arkticheskogo i aridnogo klimata: materialy mezhdunar. nauch. konf. (Rostov-na-Donu, 6–11 iyunya 2011 g.). Rostov-na-Donu: Izd-vo YUNC RAN, 2011. S. 334–337.

#### **I.V. Blinova**

#### **BASE-RICH FENS IN THE SOUTHERN PART OF MURMANSK REGION AND THE CASE FOR THEIR PROTECTION**

The northernmost in Russia base-rich fens were first described in 2014 for the central part of Murmansk Region along with a geological survey of this province. In the present paper, two other base-rich fens from the southern part of the region (the coast of Kandalaksha and an island in the White Sea) are described. 15 rare vascular plant species were found on these sites. Both mires are in the territory of "Kandalaksha Bay" considered to be of national importance (N 110) in the Ramsar list. One of the mires is in the Kandalaksha Nature Reserve, on Ryazhkov Island. The second mire is on the border of the Ramsar site, at the foot of the mountain Malaya Kurtyazhnaya. It needs to be urgently included in the regional list of protected areas because of the summer houses being constructed between the Kandalaksha town and Luvenga village.

*Keywords: base-rich fens, rare plant species, Ramsar Convention, Murmansk Region.*

#### **Author**

*Ilona V. Blinova* – Dr. Sci. (Biol.), Head of Lab. PABGI; e-mail: ilbli@yahoo.com

#### **LITERATURA**

**1.** Blinova I.V., Petrovskij M.K. K harakteristike minerotrofnyh travyanyh bolot v central'noj chasti Murmanskoy oblasti i o neobhodimosti ih ohrany // Vestnik KNC RAN. 2014. Vyp. 18 (3). S. 38–55. **2.** Blinova I.V. Biologiya orhidnyh na severo-vostoke Fennoskandii i strategii ih vyzhivaniya na severnoj granice rasprostraneniya: dis. ... dokt. biol. nauk. Rukopis'. M., 2009. 552 s. **3.** Blinova I., Uotila P. Dactylorhiza traunsteineri (Orchidaceae) in Murmansk Region (Russia) // Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica. 2012. Vol. 88. P. 67–79. **4.** Blinova I., Uotila P. *Schoenus ferrugineus* (Cyperaceae) in Murmansk Region (Russia) // Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica. 2013. Vol. 89. P. 65–74. **5.** Geologiya SSSR.

- T. XXVII. Ch. 1. Murmanskaya oblast' / pod red. L.Ya. Haritonova. M.: Gosgeoltekhizdat, 1958. 714 s.
6. Geologiya rudnyh rajonov Murmanskoy oblasti / V.I. Pozhilenko i dr. Apatity: Izd. KNC RAN, 2002. 359 s.
7. Cherepanov S.K. Sosudistye rasteniya Rossii i sopedel'nyh gosudarstv. Spb., 1995. 992 s.
8. Ignatov M.S., Afonina O.M. Spisok mhov territorii byvshego SSSR // Arctoa. M., 1992. T. 1. S. 1–87.
9. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia / R. Santesson, R. Moberg, A. Nordin, T. Tonsberg, O. Vitikainen. Uppsala, 2004. 359 p.
10. Geologicheskoe stroenie Enskogogo slyudononosnogo rajona Yu-Yu-Z Kol'skogo p-ova. Svodnyj otchyot po detal'nym geologo-poiskovym rabotam masshtaba 1:50 000 za 1950-1956 gg. Graficheskie prilozheniya // L.V. Kalafati i dr. Apatity, 1957. 10 l. Fond № 2. Opisaniye 13. Ed. hr. 145. 1972.
11. Blinova I.V. *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, Dremlik shirokolistnyj (Orchidaceae), o. Ryazhkov, Severnyj arhipelag, 2010 g. // Letopis' prirody Kandalakshskogo zapovednika / pod red. A.S. Koryakina. Kandalaksha, 2011. Kn. 56. T. 2. S. 56–62.
12. Lindberg H. 1914: Anmärkningsvärds växtfynd gjorda under en resa sommaren 1913 genom Kuolajärvi till Knjasha vid Hvita hafvet andt vid Kandalakscha // Meddelanden Soc. Fauna Flora Fennica 40: 18–28.
13. ŠefferoVá Stanová V., ŠeffeR J., Janák M. Management of Natura 2000 habitats. 7230 Alkaline fens. European Communities, 2008. 20 p.
14. Muldashev A.A., Martynenko I.B. K ohrane redkih vidov rastenij bolot v Respublike Bashkortostan // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2010. T. 12, № 1 (5). S. 1417–1420.
15. Rastitel'nost' pamyatnika prirody «Urochishche Narat-Saz» / V.B. Martynenko i dr. // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2013. T. 15, № 3 (4). S. 1368–1373.
16. Flora karstovyh bolot Bashkirkogo Predural'ya / Eh.Z. Baisheva i dr. // Botan. zhurn. 2012. T. 97, № 8. S. 26–55.
17. Ivchenko T.G. Redkie bolotnye soobshchestva s *Schoenus ferrugineus* L. na territorii Chelyabinskoy oblasti (Yuzhnyj Ural) // Bot. zhurn. 2012. T. 97(6). S. 783–790.
18. Smagin V.A., Denisenkov V.P. Evtrofnye bolota severnogo poberezh'ya ozera Vozhe // Bot. zhurn. 2013. T. 98(7). S. 867–885.
19. Smagin V.A., Noskova M.G., Denisenkov V.P. Skhenusovye bolota severnogo berega ozera Vozhe // Bot. zhurn. 2015. T. 100(3). S. 277–289.
20. Blinova I.V. Izmeneniya okruzhayushchej sredy i ustojchivost' redkih vidov rastenij v bolotnyh fitocenozah Murmanskoy oblasti (Rossiya) // Vodno-bolotnye ugod'ya i puti migracii ptic v Barencevom / Evroarkticheskom regione i vdol' zelenogo poyasa Fennoskandii: materialy mezhdunar. nauch.-praktich. konf. (Murmansk, 13–15 sentyabrya 2011 g.). Petrozavodsk: KarNC RAN, 2013. S. 171–179. [na russskom i anglijskom].
21. Biogeographic patterns of base-rich fen vegetation across Europe / B. Jiménez-Alfaro, M. Hájek, R. Ejmaes, J. Rodwell, P. Pawlikowski, E.J. Weeda, J. Laitinen, A. Moen, A. Bergamini, L. Aunina, L. Sekulová, T. Tahvanainen, F. Gillet, U. Jandt, D. Dítě, P. Hájková, G. Corriol, H. Kondelin, T.E. Díaz // Applied Vegetation Science. 2014. Vol. 17(2). P. 367–380.
22. Vodno-bolotnye ugod'ya Rossii. T. 2. Cennye bolota / pod obshch. red. M.S. Boch. M.: Wetlands International Publication, 1999. № 49. 88 s.
23. Vodno-bolotnye ugod'ya Rossii, imeyushchie mezhdunarodnoe znachenie / pod red. A.A. Sirina. M.: Rossijskaya programma Wetlands International, 2013. 48 s.
24. Vodno-bolotnye ugod'ya Rossii: sait. URL: <http://www.fesk.ru/about.html> (data obrasccheniya: 22.01.2015).
25. Korolyova N.E., Kostina V.A. Mochazhinnoe boloto g. Apatity // Izumrudnaya kniga Rossijskoj Federacii. Territorii osobogo prirodohrannogo znacheniya Evropejskoj Rossii. Predlozheniya po vyyavleniyu. Ch. 1 / pod red. N.A. Soboleva, E.A. Belonovskoj. M.: Institut geografii RAN, 2011–2013. S. 42.
26. Hyam-ruchej / N.A. Konstantinova i dr. // Izumrudnaya kniga Rossijskoj Federacii. Territorii osobogo prirodohrannogo znacheniya Evropejskoj Rossii. Predlozheniya po vyyavleniyu. Ch. 1 / pod red. N.A. Soboleva, E.A. Belonovskoj. M.: Institut geografii RAN, 2011–2013. S. 51.

**N.A. Serova, T.P. Skuřina**

**ECONOMY AND PROSPECTS OF THE MURMANSK REGION IN CONDITIONS OF INTRODUCTION OF ANTI-RUSSIAN SANCTIONS**

The article analyzes the situation in the Russian economy resulted from the introduction of anti-Russian economic sanctions. The position of the Murmansk region and the main directions of its development are determined. Some anti-crisis measures in the general prospects of the management are proposed and possible threats to the objective of these measures are identified.

*Keywords: economic crisis, anti-Russian sanctions, anti-crisis measures, Murmansk region.*

**Authors**

Natalya.A. Serova – PhD (Econ.), senior scientific researcher of IEP KSC RAS;  
e-mail: serova@iep.kolasc.net.ru

---

---

## CONTENTS

---

---

*Tatiana P. Skuf'ina* – Dr. Sci. (Econ.). Professor, Head of Dept. for Regional and Municipal Management in the North of Russia IEP KSC RAS; e-mail: skufina@iep.kolasc.net.ru

### LITERATURA

**1.** Sankcii v svyazi s ukrainskimi sobytiami 2014 goda. URL: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Sanctions\\_2014\\_Russia2.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Sanctions_2014_Russia2.png) **2.** *Serova N.A.* Predprinimatel'skij i investicionnyj klimat Rossii v mezhdunarodnyh rejtingah // Obshchestvo v ehpohe peremen: formirovanie novyh social'no-ehkonomicheskikh otnoshenij: materialy VI mezhdunar. nauch.-praktich. konf. (20 noyabrya 2014 g.): v 2 ch. / otv. red. A.N. Plotnikov. Saratov: Akademiya biznesa, 2014. Ch. 2. S. 79–80. **3.** Social'no-ehkonomicheskoe polozhenie Murmanskoy oblasti v 2014 godu: doklad / Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki, Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Murmanskoy oblasti. Murmansk, 2015 – 98 s. **4.** *Serova V.A.* Transportnaya infrastruktura Arkticheskoy zony: novyj ehtap razvitiya // Sever i rynek: formirovanie ehkonomicheskogo poryadka. 2014. № 2. S. 29–34. **5.** Regional'naya ehkonomika i voprosy severovedeniya: monografiya / pod nauch. red. d.eh.n., prof. V.S. Selina, d.eh.n. T.P. Skuf'inoj. Apatity: Izd. KNC RAN, 2013. S. 187; **6.** *Skuf'ina T.P.* Regional'naya politika sbalansirovannogo razvitiya i severnye territorii Rossii // Sever i rynek: formirovanie ehkonomicheskogo poryadka. 2014. №5 (42). S. 83–85.

Научное издание

**ВЕСТНИК КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН**

**3/2015(22)**

**Требования к оформлению статей см.:**

<http://www.kolasc.net.ru/russian/news/vestnik/trebovaniya.pdf>

Редактор А.С. Менделева  
Редактор Е.Н. Еремеева  
Технический редактор В.Ю. Жиганов

Подписано к печати 02.09.2015

Формат бумаги 60x84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times/Cyrillic

Усл. печ. л. 18,37. Заказ № 22. Тираж 500 экз.

---

*Российская Академия Наук*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Кольский научный центр Российской академии наук  
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14