



Вестник

Февраль 2016 г., № 2 (254)



Института геологии Коми научного центра УрО РАН
Научно-информационное издание, основанное академиком Н. П. Юшкиным в 1995 г.

Содержание

Институт геологии в 2015 году.....3

Научные статьи

Использование органических остатков-индикаторов
для уточнения палеогеографического положения двух
террейнов Аляски в пределах Уральского морского пути
в позднем силуре
А. И. Антошкина, К. М. Соджа 14
Первичный состав пород няровейской серии
(Полярный Урал)
Н. С. Уляшева, О. В. Гракова 24

Силурийские хитинозои разреза Варна
Р. Р. Якупов 36
Сравнительная характеристика подземных
и шахтных вод некоторых угольных бассейнов
Украины и России
С. П. Войтович 44

Хроника, события, факты

Февральские чтения — 2016 49 Женщины-первопроходцы Печорского края
(к 125-летию М. И. Шульги-Нестеренко)..... 51

Главный редактор А. М. Асхабов, зам. главного редактора О. Б. Котова,
ответственный секретарь Т. М. Безносова, зав. редакцией Т. А. Некучаева

Редакционный совет — 2016:

А. И. Антошкина, Сыктывкар, Россия
М. А. Т. М. Брокманс, Тронхейм, Норвегия
И. Н. Бурцев, Сыктывкар, Россия
Д. А. Бушнев, Сыктывкар, Россия
Ю. Л. Войтеховский, Апатиты, Россия
А. Д. Гвишиани, Москва, Россия
Н. Н. Герасимов, Сыктывкар, Россия
Г. Н. Каблис, Сыктывкар, Россия
И. В. Козырева, Сыктывкар, Россия
М. Комак, Любляна, Словения
Р. И. Конеев, Ташкент, Узбекистан
В. А. Коротеев, Екатеринбург, Россия

С. В. Кривовичев, Санкт-Петербург, Россия
С. К. Кузнецов, Сыктывкар, Россия
М. Мартинс, Ору-Прету, Бразилия
Т. П. Майорова, Сыктывкар, Россия
Ж. К. Мелгарехо, Барселона, Испания
Ф. Мон, Пекин, Китай
П. Мянник, Таллин, Эстония
Д. В. Паранин, Ухта, Россия
А. М. Пыстин, Сыктывкар, Россия
О. В. Удорткина, Сыктывкар, Россия
М. А. Федонкин, Москва, Россия



February, No. 2 (254), 2016

Vestnik



Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS

Scientific information edition founded by Academician N. P. Yushkin in 1995

Content

Institute of geology in 2015 3

Scientific articles

Using fossil «fingerprints» to circumscribe
the paleogeography of two Alaskan terranes along
the Uralian seaway in the late silurian
Anna I. Antoshkina and Constance M. Soja 14
Primary composition of rocks of the nyarovey series (Polar Urals)
N. S. Ulyasheva, O. V. Grakova 24

Silurian chitinozoans from Varna section
R. R. Yakupov 36
Comparative characteristics of the subsurface
and mine waters of some coal fields
of Ukraine and Russia
S. P. Voitovich 44

Chronicle, events, facts

February readings — 2016 49

Women-pioneers of Pechora region
(on the 125th anniversary of M. I. Shulga-Nesterenko) 51

Chief Editor A. M. Askhabov, **Deputy Chief Editor** O. B. Kotova,
Executive Editor T. M. Beznosova, **Managing Editor** T. A. Nekuchayeva

2016 Editorial Board:

Anna I. Antoshkina, Syktyvkar, Russia
Maarten A.T.M. Broekmans, Trondheim, Norway
Igor N. Burtsev, Syktyvkar, Russia
Dmitry A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Yury L. Voytekhovsky, Apatity, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Nikolay N. Gerasimov, Syktyvkar, Russia
Grigory N. Kablis, Syktyvkar, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Rustam I. Koneev, Tashkent, Uzbekistan
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia

Sergey V. Krivovichev, Saint Petersburg, Russia
Sergey K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
Maximiliano de Souza Martins, Ouro Preto, Brazil
Tatyana P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
Joan Carles Melgarejo, Barcelona, Spain
Fancong Meng, Beijing, China
Peep Männik, Tallinn, Estonia
Dmitry V. Paranin, Ukhta, Russia
Alexander M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Oksana V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia



ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ В 2015 ГОДУ

Изложены основные итоги деятельности ИГ Коми НЦ УрО РАН за 2015 год, в том числе важнейшие результаты фундаментальных исследований: по темам НИР, проектам Комплексной программы фундаментальных исследований УрО РАН, грантам РФФИ, проекту программы Президиума РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации», гранту Президента РФ «Поддержка научных школ». Кроме того, представлены результаты научно-организационной деятельности.

INSTITUTE OF GEOLOGY IN 2015

We present the main results of activity of the Institute of geology of Komi SC, UB RAS, in 2015, including the most important results of basic research: on the themes of scientific research activity, on the projects of Integrated Program for Basic Research, UB RAS, on RFBR grants, on the project of the Program of the Presidium of Russian Academy of Sciences "Basic scientific researches for benefit of development of Arctic zone of the Russian Federation", on RF President's grant "Support of scientific schools". The results of scientific and organizational activity are represented as well.

В 2015 году Институт геологии начал исследования по шести плановым темам НИР, по 21 проекту в рамках Комплексной программы Уральского отделения РАН, проекту фундаментальных исследований «Арктика», семи грантам РФФИ, гранту Президента РФ «Поддержка научных школ» и семи хозяйственным договорам.

Важнейшие научные результаты, полученные в 2015 году в рамках выполнения государственного задания, заключаются в следующем.

Установлены эволюционные закономерности развития процессов рудообразования на севере Урала и Тимане, изучен вещественный состав руд, получены новые изотопно-геохронологические данные. В Среднетиманской и Северотиманско-Канинской минерагенических зонах выделены площади, перспективные в отношении никеля, золота, платиноидов, редких и редкоземельных металлов. Показаны возможности расширения минерально-сырьевой базы арктических районов Северного Тимана, Полярного Урала и Пай-Хоя. Составлена карта полезных ископаемых Тимано-Североуральского региона и карта магматических комплексов Среднего Тимана (рис. 1) (академик Асхабов А. М., д. г.-м. н. Кузнецов С. К., к. г.-м. н. Бурцев И. Н., к. г.-м. н. Козырева И. В., к. г.-м. н. Удоратина О. В., к. г.-м. н. Соболева А. А., к. г.-м. н. Куликова К. В., к. г.-м. н. Шайбеков Р. И.).

Проведен анализ и дана оценка современного состояния сырьевой базы нефти и газа Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, определены перспективы развития геологоразведочных и добычных работ. Показано, что различия в коллекторских свойствах пород поднятия Чернышева обусловлены характером тектонических напряжений. Получены новые данные по геологическому строению месторождений, литологии и геохимии угленосных и битуминозных отложений, микрокомпонентному составу углей и горючих сланцев. Выявлены основные закономерности эволюционного преобразования органического вещества нефтематеринских пород в природных условиях и при термической обработке (рис. 2). На их основе предложены оригинальные технические и технологические решения в области добычи, обогащения и глубокой переработки углей, горючих сланцев. Дана оценка ресурсного потенциала природных битумов на юге Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и очерчены основные направления их практического использования (д. г.-м. н. Бушнев

Д. А., к. г.-м. н. Бурцев И. Н., к. г.-м. н. Тимонина Н. Н., к. г.-м. н. Майдль Т. В., к. г.-м. н. Бурдельная Н. С., к. г.-м. н. Салдин В. А., м. н. с. Котик О. С., м. н. с. Инкина Н. С.).

Решена фундаментальная проблема геоинформатики — количественная оценка степени цикличности осадочных толщ и статистический анализ последовательности наложения литотипов. Разработана методика расчета среднестатистической последовательности литотипов. Получены формулы для расчета следующих новых, ранее не употреблявшихся статистик (коэффициентов): 1) степени цикличности разреза, 2) полноты циклов, 3) инверсности в последовательности для каждой пары литотипов и в среднем по разрезу. Разработана методика проверки статистической гипотезы о случайности в последовательности литотипов, составлены алгоритмы и компьютерные программы для их реализации. Полезность разработки заключается в переводе изучения разрезов на количественную статистическую основу и получении выводов с заданной надежностью. Разработаны основные положения теории статистического анализа размещения в пространстве геологических объектов (д. г.-м. н. Ткачев Ю. А.).

Установлена хронология переработки океанической коры в континентальную в Щучинской островодужной системе Полярного Урала. Гранитоидный магматизм Щучинской островодужной системы проявился на доколлизийном этапе континентализации мафического основания. Результаты U-Pb (SIMS, SHRIMP-II)-датирования цирконов из гранитов свидетельствуют о трех импульсах превращения океанической коры в континентальную: в силуре, среднем и позднем девоне. Возраст гранитов Енганепэйского массива составляет (429 ± 4) млн лет, что соответствует позднему венлоку, Юрмэнекского массива — (385 ± 2) млн лет (живет) и Каньонного массива — (368 ± 3) млн лет (фамен). Возрастные значения $(347—335)$ млн лет, зафиксированные в некоторых цирконах из гранитоидов Енганепэйского и Каньонного массивов и отвечающие раннему карбону (визе), коррелируются со временем коллизии островной дуги с восточной окраиной Восточно-Европейского палеоконтинента (д. г.-м. н. Андреичев В. Л., к. г.-м. н. Куликова К. В.).

Открыт ранее неизвестный вулканогенно-эруптивный (толбачинский) тип проявлений внемагматических алмазов, генетически связанных с базальтоидным вулканизмом и обусловленных шоко-

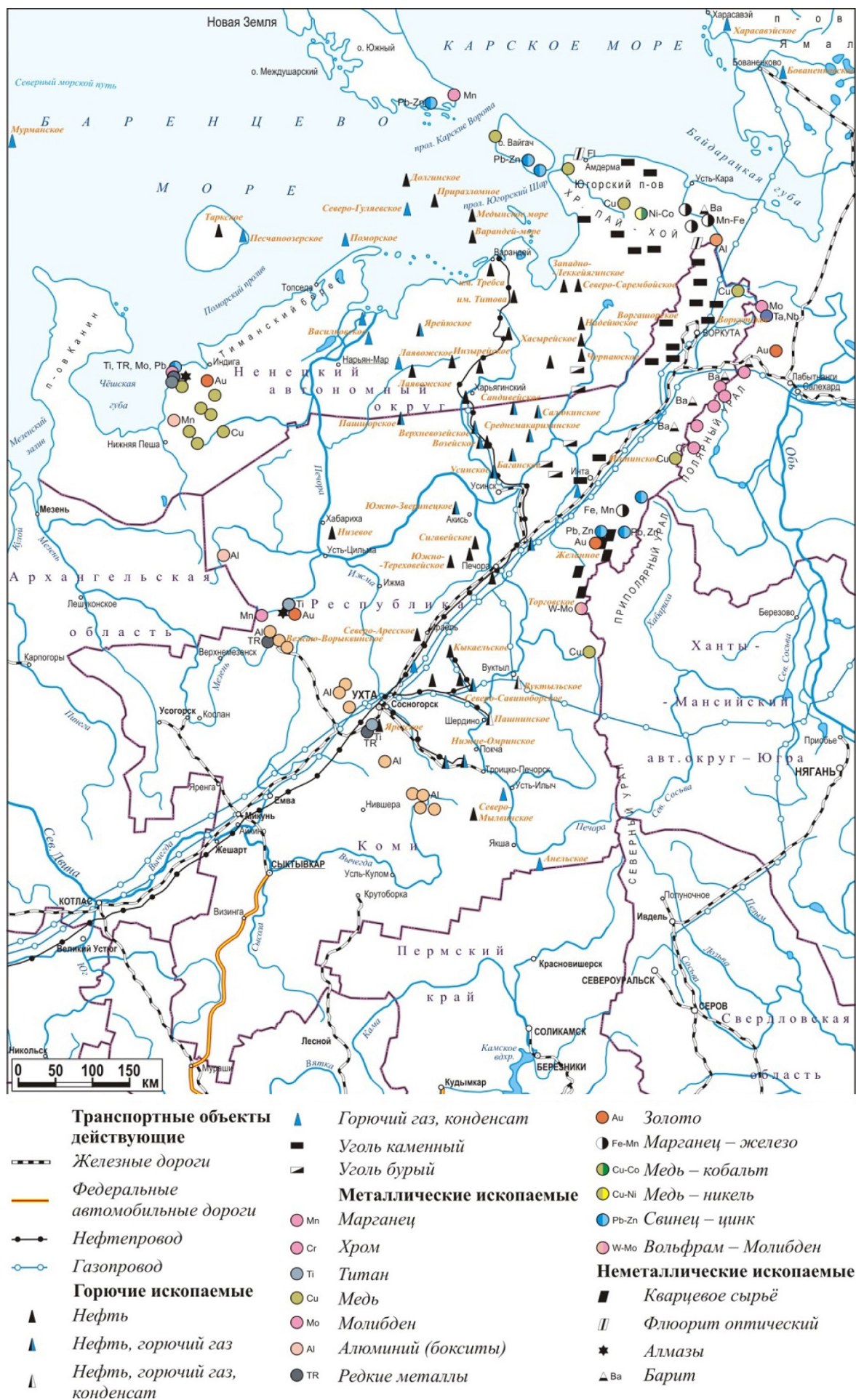


Рис. 1. Карта полезных ископаемых Тимано-Североуральского региона

Fig. 1. Map of mineral resources of the Timan-Northern Urals region

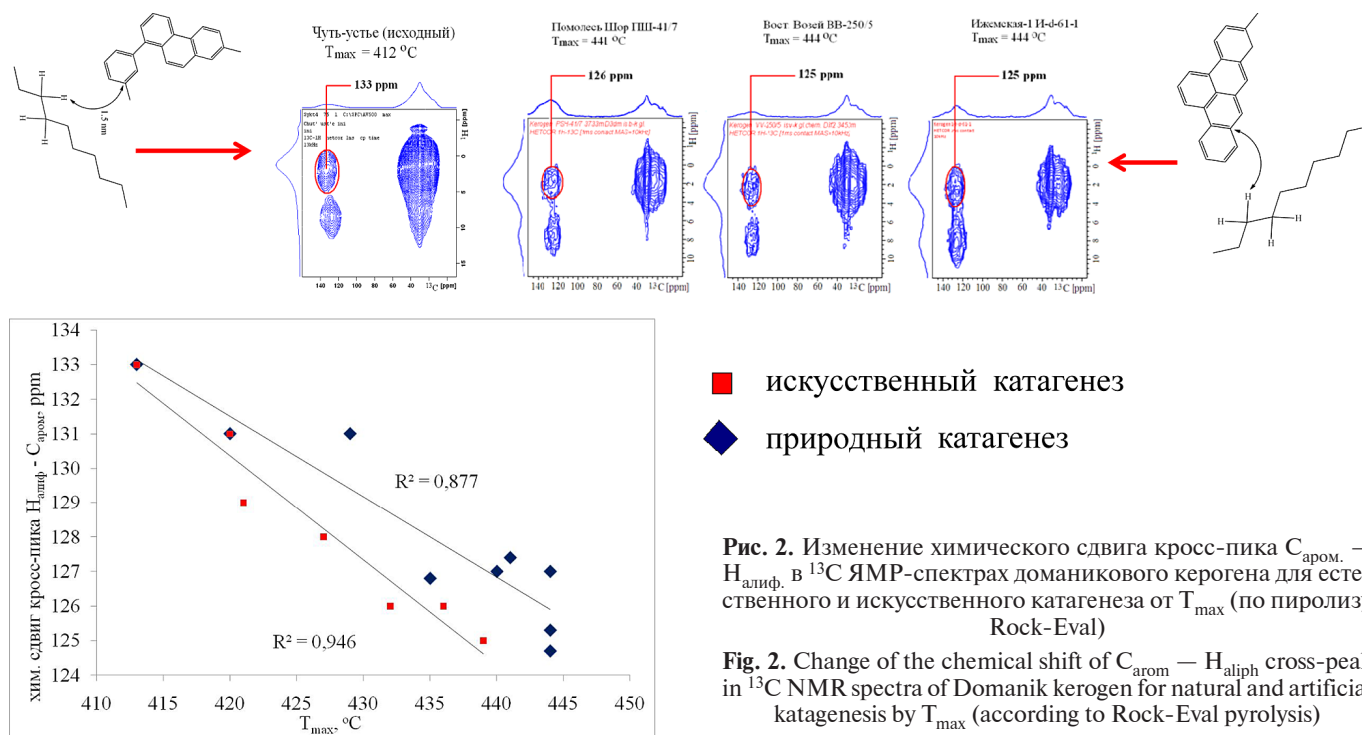


Рис. 2. Изменение химического сдвига кросс-пика $\text{C}_{\text{аром}} - \text{H}_{\text{алиф}}$ в ^{13}C ЯМР-спектрах доманикового керогена для естественного и искусственного катагенеза от T_{max} (по пиролизу Rock-Eval)

Fig. 2. Change of the chemical shift of $\text{C}_{\text{аром}} - \text{H}_{\text{алиф}}$ cross-peak in ^{13}C NMR spectra of Domanik kerogen for natural and artificial katagenesis by T_{max} (according to Rock-Eval pyrolysis)

вым воздействием на углеводородсодержащие вулканические газы, выделяющиеся при извержении, атмосферных электрических разрядов. В продуктах извержения ТТИ-50 (вулкан Толбачик) выявлены три участка значительного обогащения алмазами. Алмазы обнаружены в свободном состоянии в порах пузыристых лав, общее число зарегистрированных кристаллов достигает 700. Кристаллы имеют устойчивый кубоктаэдрический габитус, характеризуются умеренной азотностью, неагрегированным состоянием азотных дефектов и геохимически недифференцированной ассоциацией микроэлементов с необычным обогащением переходными металлами, отличаются аномально легким для монокристаллических алмазов изотопным составом углерода. В целом эти алмазы принципиально отличаются от алмазов из всех известных к настоящему времени генетических типов алмазных месторождений — магматогенных (эксплозивных — кимберлитовых и лампроитовых, эффузивных — щелочно-базальтоидных, интрузивных — перидотит-пироксенитовых); флюидогенных (туффизитовых); метаморфогенных (импактных и надсубдукционных) (д. г.-м. н. Силаев В. И., д. г.-м. н. Петровский В. А.; д. г.-м. н. Карпов Г. А., Аникин Л. П., Сокоренко А. В., Овсянников А. А., Чубаров В. М. — Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН).

Изучены эволюционные изменения морфологии узкочерепных полевок (*Microtus gregalis*) Северо-Востока Европы методами многомерной статистики на материале 20 выборок, датируемых от позднего неоплейстоцена до современности. Установлено, что форма антероноида первого нижнего коренного зуба изменялась независимо от его размеров. Статистические морфологические показатели не коррелируют с климатом. Мера морфологического разнообразия (индекс Шэннона) варьирует в очень широких пределах. Морфологическое разнообразие имеет тенденцию к росту во времени, а наивысшие его

значения приходятся на самый конец плейстоцена (11 тыс. лет) (рис. 3). (к. г.-м. н. Пономарев Д. В.; д. б. н. Пузаченко А. Ю. — Институт географии РАН).

Установлено, что ооидно-строматолитовые ассоциации отражают пертурбации бентосных экосистем, обусловленные существенными понижениями уровня моря, приводившими к сокращению карбонатной продукции и палеоландшафтной перестройке, что может служить хорошим литологическим маркером завершения конкретного цикла седиментации при реконструкции эволюции Тимано-Североуральского осадочного бассейна в палеозое (рис. 4). Появление таких ассоциаций в морских бассейнах является свидетельством переломных моментов в гидрохимии морского бассейна и структуре бентосных экосистем, связанных с регрессиями морского бассейна разного масштаба. Регрессии могли быть вызваны региональными и глобальными тектоническими событиями и глобальными эвстатическими падениями уровня моря в результате оледенений, широко проявленных в палеозойской истории Земли. Мелководный водоём даже при малых колебаниях уровня вод способствовал выводу отложений в вадозно-фреатические обстановки и нарушению водообмена в отдельных его участках. Это вызывало оккупацию тиховодных водоёмов микробиальными организмами и образование аноксичности вод, распространение преимущественно эврифациальных и эвригалинных организмов, присутствие фрамбоидального пирита (д. г.-м. н. Антошкина А. И.).

Получены новые данные по химическому и изотопному составу поверхностных (озера, реки) и подземных (зоны активного водообмена) вод Тимана, приуроченных к разновозрастным толщам. Значительные вариации химического состава вод отражают природные особенности региона и в первую очередь объясняются минеральным составом вмещающих пород, гидродинамическими и гидрохимическими условиями водно-солевого питания

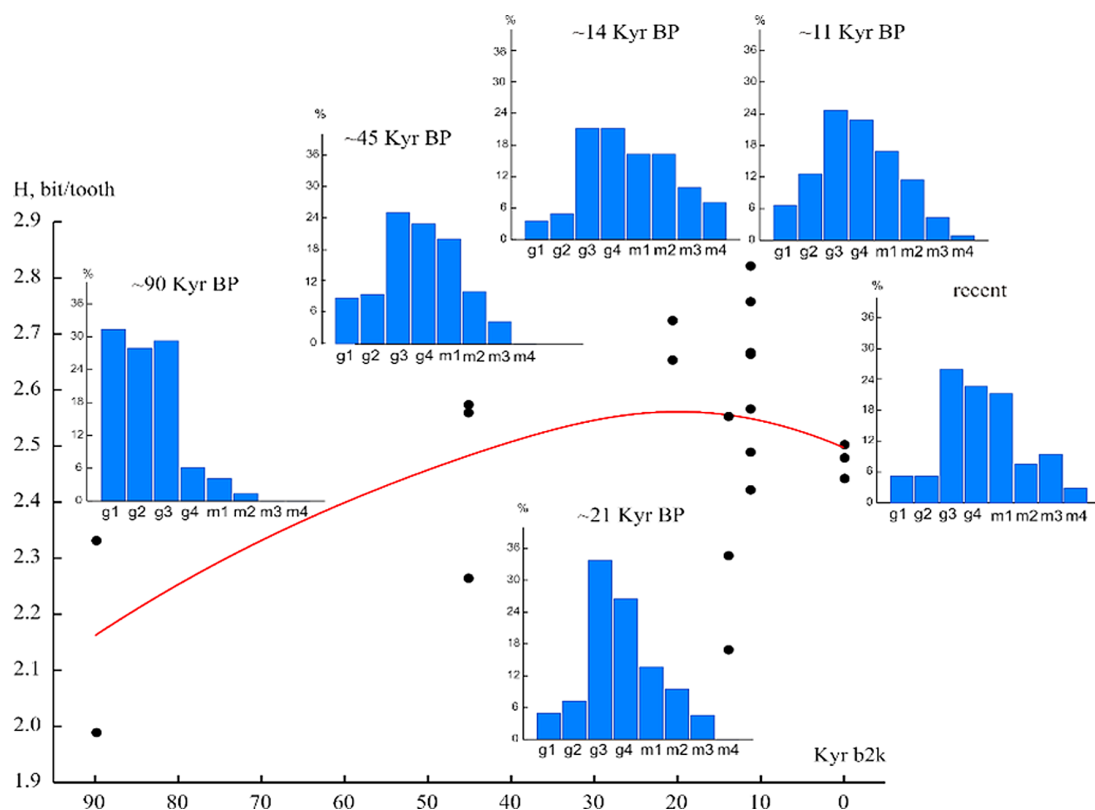


Рис. 3. Эволюционные изменения морфологии узкочерепных полевок (*Microtus gregalis*) Северо-Востока Европы методами многомерной статистики

Fig. 3. Evolutionary changes in the morphology of narrow-skulled voles (*Microtus gregalis*) in North-Eastern Europe by the methods of multivariate statistics

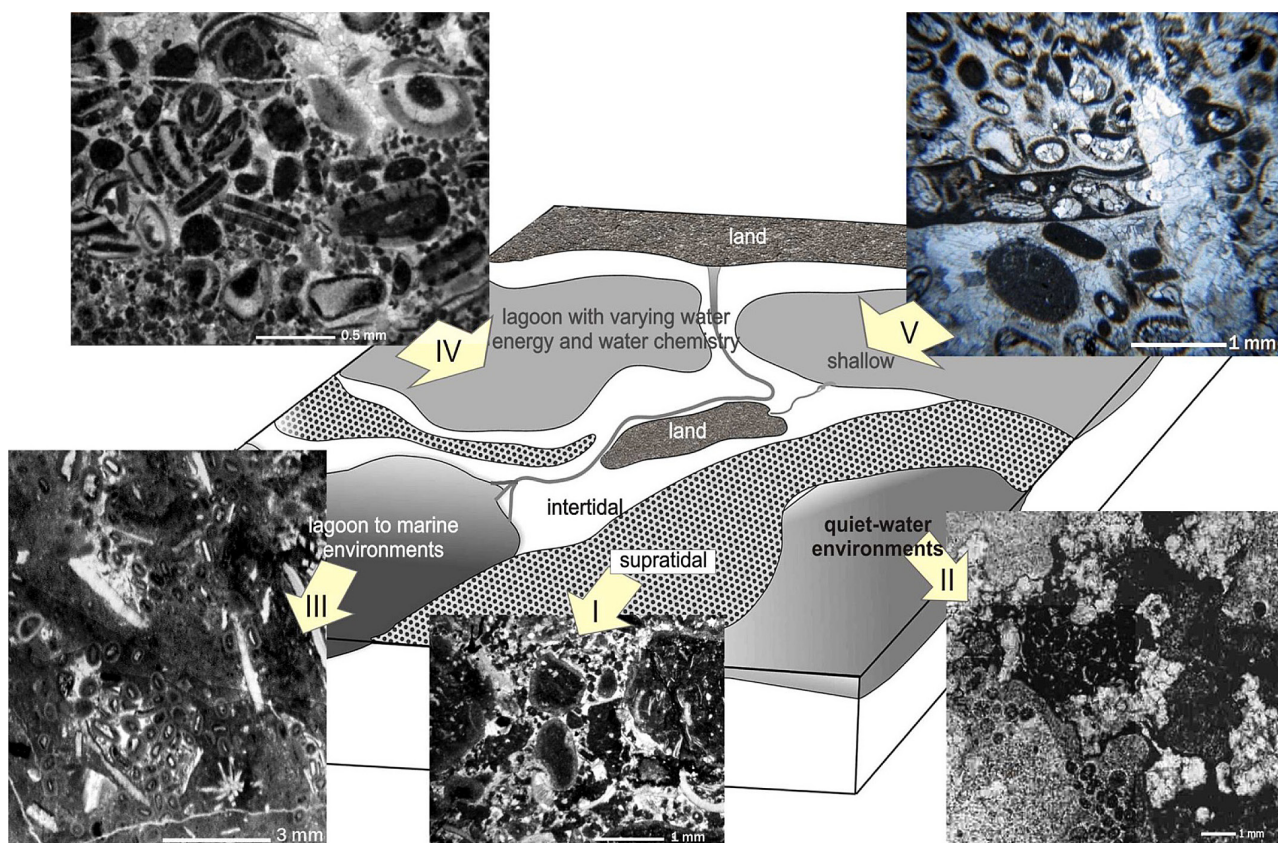


Рис. 4. Местоположение и обстановки осадконакопления, где могли быть сформированы ооидо-строматолитовые ассоциации

Fig. 4. Location and deposition environment, where ooid-stromatolite associations could be formed

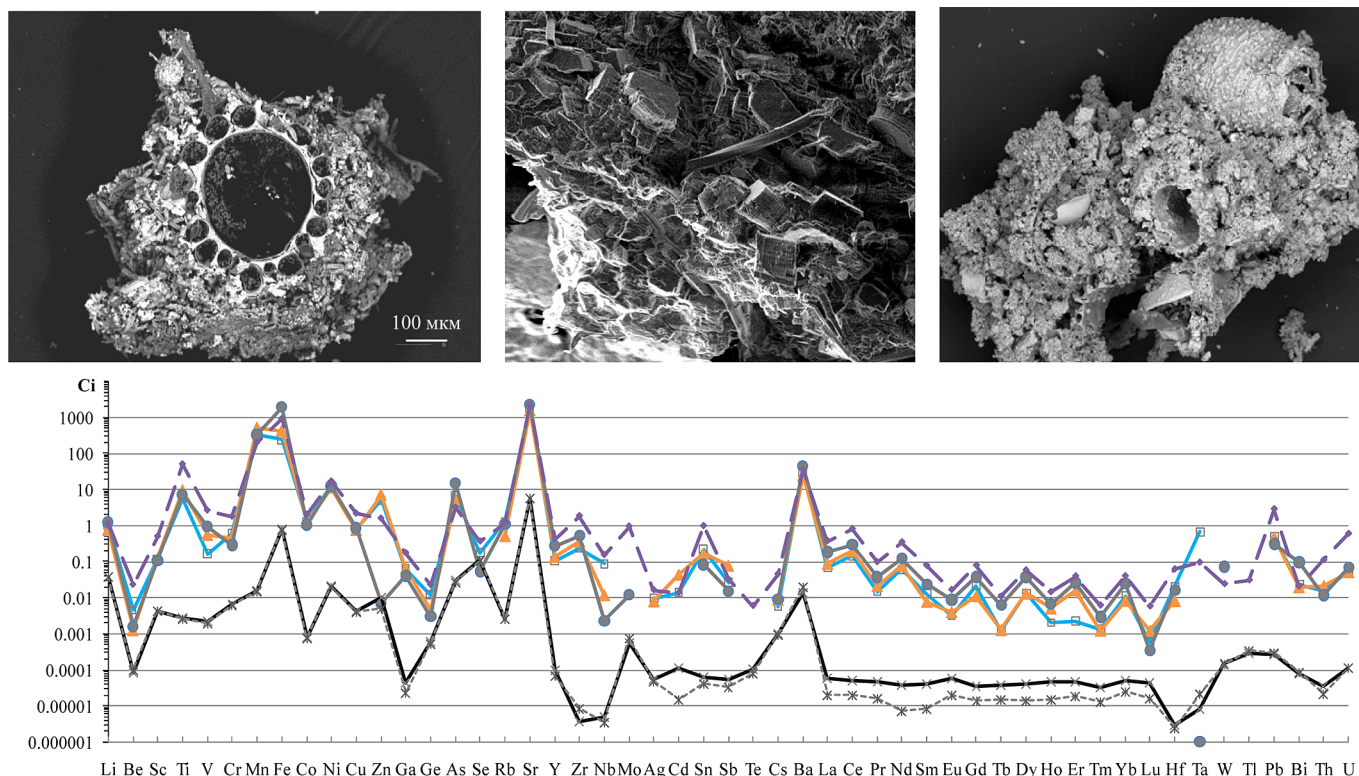


Рис. 5. Структурные и геохимические особенности харофитов и донных отложений оз. Черманты (Южный Тиман)

Fig. 5. Structural and geochemical features of charophytes and bottom deposits of Chermanty Lake (Southern Timan)

объектов (рис. 5). Подземные и поверхностные воды гидравлически связаны между собой и имеют общие бассейны солевого питания. Значения удельных активностей естественных радионуклидов в водах Южного Тимана не превышают гигиенические нормы радиационной безопасности (к. г.-м. н. Митюшева Т. П., к. г.-м. н. Каткова В. И.).

Предложены методы стоимостной оценки объектов как элементов природно-ресурсного и рекреационного потенциала территорий. Разработана модель геолого-экономического анализа минерально-сырьевой базы. В связи с высокой степенью зависимости экономики России от минеральных ресурсов как на федеральном, так и на региональном и муниципальном уровне особое значение приобретают не только вопросы стоимостной оценки конкретных разведанных месторождений полезных ископаемых и определения экономического эффекта от их разработки, но и достоверные и постоянно обновляемые оценки стоимости полезных ископаемых в недрах. Создание системы мониторинга и актуальной оценки минерально-сырьевой базы является важнейшим аспектом обеспечения национальной (минерально-сырьевой) безопасности страны. На примере нерудного и строительного минерального сырья разработана модель геолого-экономического анализа минерально-сырьевой базы, включающая блоки стоимостной оценки месторождений нерудного и строительного минерального сырья и оценки экологических последствий геологоразведочных работ и горнодобывающей деятельности (к. г.-м. н. Бурцев И. Н.; к. э. н. Бурцева И. Г. (ИСЭиЭПС УрО РАН); д. г.-м. н. Кузнецов С. К., м. н. с. Машин Д. О., м. н. с. Кузнецов Д. С.).

Определены критически важные виды минерального сырья. Проведены поисковые исследова-

ния в области обоснования развития углехимических производств. На основе бурых и каменных углей получены гиперуголь и другие высокоценные продукты, что может кардинально повлиять на тенденции развития Печорского и других угольных бассейнов. Предложена фторидная технология переработки титановых (лейкоксеновых) руд Ярегского и Пижемского месторождений. Из золы уноса Воркутинской ТЭЦ синтезированы цеолиты, которые могут использоваться как сорбенты для промышленных производств (академик Асхабов А. М., д. г.-м. н. Кузнецов С. К., к. г.-м. н. Бурцев И. Н., д. г.-м. н. Котова О. Б., к. г.-м. н. Удоратина О. В., к. г.-м. н. Тимонина Н. Н.).

Научно-организационная деятельность

Публикации. Общий объем публикаций сотрудников института в 2015 г. составил 550 п. л. (4.93 п. л. на 1 н. с.). В списке трудов: монографии — 7 (210 п. л.); отдельные издания — 12 (40 п. л.); статьи в рецензируемых российских и международных журналах — 129 (97 п. л.; 1.16 ст. на 1 н. с.), в т. ч. 87 из Перечня ВАК и 19, входящих в БД WoS и Scopus; статьи в сборниках — 14 (14.6 п. л.); материалы совещаний и конференций — 229 (81 п. л.); тезисы докладов — 42 (4 п. л.), научно-публицистические статьи — 41 (16 п. л.) и периодические издания («Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН») — 12 (62 п. л.). Общий импакт-фактор (ИФ) публикаций в журналах из Перечня ВАК составил 22.283 (средний — 0.265). ИФ публикаций в журналах, входящих в БД WoS и Scopus, — 24.102 (средний — 1.269).

Экспедиционные работы. За прошедший полевой сезон в Институте геологии были сформированы и выехали в поле 15 отрядов (рис. 6). В экспедици-



Рис. 6. Экспедиционные работы

Fig. 6. Field works

онных работах участвовали 125 человек. Полевые работы проводились с конца мая до середины сентября в различных районах Республики Коми, на территории Ненецкого, Ямало-Ненецкого автономных округов. Особых происшествий в период проведения экспедиционных работ отмечено не было. Традиционно работали два студенческих отряда, сформированных совместно с кафедрой геологии Сыктывкарского государственного университета. Первый отряд, состоявший из студентов, окончивших первый курс, под руководством Т. П. Майоровой проходил учебную практику по геодезической съемке одного из участков оползневого берега р. Сысолы в Сыктывдинском районе Республики Коми и изучению геологического строения и современных геологических процессов горной части Республики Крым. Второй отряд, руководимый А. Н. Сандулой, проводил работы в Усть-Куломском районе Республики Коми.

Научно-популяризационная и выставочная деятельность. Посещение Геологического музея им. А. А. Чернова включено в программу республиканского этапа Всероссийской олимпиады школьников по географии, а также в программу конференции «Экскурсовод Республики Коми». В 2015 г. сотрудниками Геологического музея им. А. А. Чернова (руководитель к. г.-м. н. И. С. Астахова, н. с. Л. Р. Жданова и лаб. О. В. Филиппова) были подготовлены коллекция «Полезные ископаемые Республики Коми» для Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина (15 обр.), электронные и каменные материалы для проведения Ломоносовской акадеиады. Организована и проведена в Национальной

галерее Республики Коми выставка «Последние романтики», посвященная Дню геолога. Подготовлены и проведены тематические выставки: «Камни и талисманы 2015 года», «Геология глазами детей», «Геологи-фронтовики Института геологии» (к 70-летию Победы), «Новые поступления», «Гороскоп», «В. А. Варсановьева (1890—1976): к 125-летию со дня рождения», «Геологические компасы», «Попов Иван — инженер-геолог», фотовыставка «Природа Республики Коми». Проведены 160 экскурсий для 1858 посетителей, в том числе из Финляндии, Англии, Греции и Китая.

Сотрудники института в течение года выступали в различных СМИ Республики Коми и России: на телеканале «Юрган» (Антоновская Т. В., Асхабов А. М., Калинин Е. П., Кочева Л. С.), радио «Коми гор» (Антоновская Т. В.), газете «Комсомольская правда — Коми», «Трибуна», «Республика», «Коми му», «Заполяный вестник», «Архангельские известия», журнале «Регион», информационных интернет-изданиях.

Сотрудники Института д. г.-м. н. Т. Г. Шумилова, к. г.-м. н. С. И. Исаенко, В. В. Уляшев и С. С. Шевчук приняли участие в зарубежной выставке «Der Chiemgau Komet — Zeugnisse einer vorgeschichtlichen Katastrophe — Wenn kosmische Projektile die Erdetreffen» / «The Chiemgau Comet — Evidences of a Prehistoric Catastrophe; Cosmic Projectiles on Target to Earth», состоявшейся 28 марта — 30 апреля в г. Траунштейне (Германия).

Совместно с Представительством Республики Коми в Северо-Западном регионе Российской Федерации институты Коми НЦ УрО РАН приня-



ли участие в работе VIII Петербургского международного инновационного форума (7—9 октября 2015 года), на котором были показаны презентации проектов по развитию минерально-сырьевого комплекса РК. В рамках форума на Межрегиональной бирже деловых контактов к. г.-м. н. И. Н. Бурцев представил проект «Освоение Айювинского месторождения горючих сланцев». Представительство РК в Северо-Западном регионе РФ выразило благодарность делегации Коми НЦ УрО РАН за высокий уровень подготовки и проведения мероприятия.

Проведение научных мероприятий. 15—17 июня 2015 г. в г. Сыктывкаре проходило *Всероссийское литологическое совещание «Геология рифов»*. Совещание было организовано ИГ Коми НЦ УрО РАН под эгидой Научного совета по проблемам литологии осадочных полезных ископаемых при ОНЗ РАН. Финансовая поддержка в организации и проведении совещания была оказана ООО «Северо-Запад», ООО «Нострум И энд ПИ Сервисез», Федеральным агентством научных организаций и Российским минералогическим обществом. Перед началом совещания с 11 по 14 июня была проведена геологическая экскурсия на верхнедевонские карбонатные образования Южного Тимана, во время которой участники ознакомились с рядом важнейших разрезов Тимано-Печорской нефтегазональной провинции, включая разрезы классических «доманиковых» фаций и рифогенных отложений. Кроме того, в программу совещаний по рифовой тематике впервые была включена молодежная школа, на которой были заслушаны лекции В. А. Жемчужовой «Технология прогноза структуры и свойств «рифовых» резервуаров», В. И. Силаева «Несколько примеров из опыта изотопно-геохимических исследований горных пород: углерод, кислород, азот», Е. С. Пономаренко «Палеоэкологические этюды» и Т. В. Антоновской «Рифы Красного моря» и сами молодые исследователи Н. Канева, Л. Шмелёва, Н. Инкина, В. Матвеев и А. Плотицын с соавторами продемонстрировали свои научные результаты. В работе совещания приняли участие представители 56 научных, производственных организаций и высших учебных заведений России не только геологической направленности. Общее число участников — 122, из них 24 сотрудника ИГ Коми НЦ УрО РАН, 96 иногородних, 2 представителя сторонних организаций г. Сыктывкара.

29 октября 2015 г. проведена *18-я научная конференция «Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе»*. Организатор конференции — Институт геологии Коми НЦ УрО РАН (базовая кафедра геологии), соисполнители — Сыктывкарский госуниверситет имени Питирима Сорокина (кафедры геологии, естественнонаучного образования, истории России и зарубежных стран), Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН. В конференции участвовали 50 человек. Представлено 16 докладов — 16 устных и 1 стендовый, заочно участвовали 8 человек, при этом на конференции был сделан краткий обзор докладов заочных участников. В работе конференции приняли участие студенты из Ухтинского технического университета (2 чел.) и Череповецкого университета (2 чел.).

Институтом геологии и кафедрой геологии СГУ им. Питирима Сорокина в рамках Фестиваля наук

Сыктывкарского университета проведена совместная видеоконференция студентов и магистрантов кафедры геологии ИЕН с участниками *VII Всероссийской молодежной научной конференции «Минералы: строение, свойства, методы исследования»* (Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого, г. Екатеринбург, 30 октября).

11 ноября 2015 г. прошли *XXIX Черновские чтения*. Программа заседания включала два доклада, посвященных 125-летию со дня рождения выдающегося ученого Веры Александровны Варсанюфьевой. С докладами выступили д. г.-м. н. В. С. Цыганко «Жизнь, отданная людям» и д. г.-м. н. В. И. Силин «Вера Александровна Варсанюфьева». Они осветили наиболее яркие события в жизни доктора геолого-минералогических наук, профессора, член-корреспондента Академии педагогических наук СССР, заслуженного деятеля науки Коми и РФСР Веры Александровны Варсанюфьевой. Ими отмечен крупный вклад В. А. Варсанюфьевой в изучение геологии и геоморфологии Урала и Европейского Северо-Востока России.

16 ноября 2015 г. в Институте геологии состоялось *Всероссийское научно-практическое совещание «Минерально-сырьевые ресурсы арктических территорий Республики Коми и Ненецкого автономного округа»* с участием специалистов научно-исследовательских институтов и производственных предприятий (Севзапнедра, Минприроды РК, Минпромтранс РК, ИГ Коми НЦ УрО РАН, ООО «ТП НИЦ», ФГУП «ВНИГРИ», ИСЭиЭПС Коми НЦ УрО РАН, ОАО «Боксит Тимана», ОАО «Ярегарауда», ЗАО «Руститан», ФГУП «ВНИГНИ» и др.). В работе совещания приняли участие 90 человек. На совещании прошло открытое обсуждение острых проблем, были показаны важнейшая роль и место минерально-сырьевого комплекса в социально-экономическом развитии северных и арктических территорий Республики Коми и Ненецкого автономного округа, очерчены перспективные цели и задачи по расширению и развитию минерально-сырьевой базы, эффективному управлению фондом недр, развитию топливно-энергетического, горно-рудного и строительного комплексов, повышению конкурентоспособности продукции минерально-сырьевого сектора на региональных и мировых рынках, взаимодействию производственных предприятий и вузов (рис. 7).

XXIV научная конференция молодых ученых «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента» проходила в Институте геологии с 25 по 27 ноября 2015 г. В работе конференции приняли участие 75 исследователей из 13 научно-исследовательских, учебных и производственных организаций РФ и ближнего зарубежья: Институты геологии и химии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарского госуниверситета им. Питирима Сорокина (Сыктывкар), ТП НИЦ Нефтегаз (Ухта), МГУ, ИФЗ РАН, ИГЕМ РАН (Москва), ИЭМ РАН (Черноголовка), КФУ (Казань), НМСУ «Горный», ВСЕГЕИ (С.-Петербург), НТУ «ХПИ» (Харьков), ТОО «Корпорация Казахмыс» (Казахстан). За время работы совещания было представлено 4 пленарные лекции, 30 устных докладов и 13 презентаций стендовых докладов.

Международные научные связи. В 2015 году сотрудники Института геологии принимали участие в



Рис. 7. Участники заседаний Всероссийского научно-практического совещания «Минерально-сырьевые ресурсы арктических территорий республики Коми и Ненецкого автономного округа»

Fig. 7. Participants of meetings of the All-Russian Scientific Conference «Mineral resources of Arctic territories of Komi Republic and Nenets Autonomous District»

разных международных мероприятиях, выезжали в зарубежные научные командировки (рис. 8) (11 выездов). Сотрудники института приняли участие в работе Международного конгресса Vinterconferansen-2015 (Ставангер, Норвегия), 15-й международной междисциплинарной научной геоконференции SGEM (Албена, Болгария), ICAM (Международного совета по прикладной минералогии) (Стамбул, Турция), 8-й Европейской конференции по минералогии и спектроскопии (Рим, Италия), 5-й Европейской конференции по росту кристаллов (Болонья, Италия), 10-й Международной сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных» (Новханы, Азербайджан), IGCP 596-SDS Международного симпозиума «Climatechange and Biodiversity patterns in the Mid-Palaeozoic» (Брюссель, Бельгия), Международной научной конференции «Молодежь в науке — 2015» в рамках I Евразийского форума молодых ученых (Минск, Беларусь).

Сотрудники института проводили совместные исследования и консультации с коллегами из Лейденского университета (Амстердам, Нидерланды), Департамента геологии Колгейтского университета штата Нью-Йорк (США), в рамках проекта германского общества академических обменов DAAD-Programm (Йена, Германия) и соглашения со Стэнфордским университетом (США), участвовали в международной программе Евросоюза «Горизонты-2020» в обла-

сти «Наноматериалы и технологии» (project entitled «Interdisciplinary research teams — Fostering international research activities long strategic priorities of the University of Miskolc», международных проектах IGCP 591 «The Early to Middle Paleozoic revolution», «Devonian deep-water domains as the key toward understanding biodiversity crises» под эгидой Silesian University (Сосновец, Польша). Время работы в зарубежных организациях и на научных мероприятиях составило 108 дней. Кроме того, сотрудники Института геологии приняли активное участие в международных научных симпозиумах и конференциях на территории России.

В 2015 году Институтом заключено соглашение о научном сотрудничестве с Гавайским институтом геофизики и планетологии Гавайского университета (США). В Институте продолжают исследования по целому ряду ранее заключенных международных проектов с Институтом нанохимии и катализа Центра химических исследований ВАН (Венгрия), с Геофизической лабораторией Вашингтонского Института Карнеги (США) и Аргоннской национальной лабораторией (США), Институтом междисциплинарной науки Гильхинга (Германия), факультетом географии и наук о Земле Латвийского университета (Латвия), факультетом наук и технологий кафедры физиологии и биологии развития Уппсальского университета (Швеция), геофизической лабораторией Вашингтонского института Карнеги (США),



Рис. 8. Участники международных совещаний: слева С. Фиоре и О. Б. Котова (Турция); справа Е. А. Голубев (Италия)

Fig. 8. Participants of international conferences: left Saverio Fiore and Olga Kotova (Turkey); right, E. Golubev (Italy)

Институтом геологии Таллинского технического университета (Эстония), с University of Southampton, Ocean & Earth Science (Великобритания) и др.

Кадровая структура, подготовка специалистов и деятельность аспирантуры. Современная кадровая структура института выглядит следующим образом: списочный состав — 240 чел. (151 женщина и 89 мужчин) и 6 внешних совместителей. В штате института 111 научных сотрудников, из которых 22 доктора наук (из них 1 совместитель) и 65 кандидатов (в том числе 1 совместитель); 129 инженерно-технических работников (с высшим образованием — 86 человек), из них 18 — младший обслуживающий персонал и рабочие. Средний возраст всех научных сотрудников — 48,6 лет, докторов наук — 63,3 года, кандидатов наук — 47,3 лет. Молодых сотрудников (до 35 лет) — 59, из них научных — 26.

В 2015 году на кафедре геологии СГУ имени Питирима Сорокина состоялся второй выпуск бакалавров — 17 человек. По направлению подготовки 05.04.01 — «геология (магистратура)» на кафедре геологии в университете впервые открыта магистерская программа «Геология и геохимия твердых и жидких полезных ископаемых». В магистратуру на бюджетные места поступили 12 человек, в основном выпускники-бакалавры кафедры геологии, а также бакалавры других направлений подготовки университета (экономика, техносферная безопасность) и Лесного института. Еще два человека поступили на контрактной основе.

В 2015 году на кафедре геологии Сыктывкарского государственного университета в качестве преподавателей работали 25 сотрудников Института геологии, в том числе 6 докторов (в том числе один академик) и 17 кандидатов геолого-минералогических наук. Прочитано 564 лекции (1128 часов), проведено 662 лабораторных (1324 часа) и 440 практических (880 часов) занятий. В лабораториях Института геологии вы-

полнено 20 курсовых работ студентов 3 курса и 17 выпускных квалификационных работ. Проведены учебные практики: геодезическая (1 курс — 23 чел.), первая геологическая (1 курс — 23 чел.), геолого-геофизическая и геолого-съёмочная (2 курс — 22 чел.). В экспедиционных отрядах Института геологии прошли производственную практику 14 студентов 3 курса.

Проведены 2 учебно-научные экспедиции: 1) в Крым (геологический отряд № 2) и на поднятии Джеджимпарма (Усть-Куломский район Республики Коми) (геологический отряд № 5).

В 2015 году контрольная цифра приема в очную аспирантуру Института составила 2. Документы подала выпускница СГУ Вязова Т. Е., которая после сдачи вступительных экзаменов была зачислена, но через месяц отчислилась по собственному желанию. Завершили в этом году обучение четыре аспиранта (Игнатъев Г. В., Инкина Н. С., Шевелев М. А., Шуйский А. С.). Все они представили научные доклады по темам своих диссертаций. Закончила докторантуру Юрьева З. П. На сегодняшний день в Институте геологии проходят послевузовское обучение 9 аспирантов.

Деятельность Ученого и диссертационных советов. Состав Ученого совета был избран на общем собрании научных сотрудников Института 12 марта 2013 г. и утвержден Президиумом УрО РАН 18 апреля 2013 г. (Постановление от 18.04.2013 № 4—13). С учетом частичного изменения по Постановлению Президиума УрО РАН от 24.09.2015 г. в состав вошли 30 человек. Председатель — академик Асхабов А. М., заместитель председателя — д. г.-м. н. Кузнецов С. К., ученый секретарь — к. г.-м. н. Козырева И. В.; члены Ученого совета: д. г.-м. н. Андреичев В. Л., д. г.-м. н. Андреичева Л. Н., д. г.-м. н. Антошкина А. И., к. г.-м. н. Бурцев И. Н., д. г.-м. н. Бушнев Д. А., д. г.-м. н. Котова О. Б., д. х. н. Кочева Л. С., к. г.-м. н.



Куликова К. В., к. г.-м. н. Лысюк Г. Н., к. г.-м. н. Лукин В. Ю., д. г.-м. н. Петровский В. А., к. г.-м. н. Пономарев Д. В., д. г.-м. н. Пыстин А. М., д. г.-м. н. Ракин В. И., к. г.-м. н. Салдин В. А., д. г.-м. н. Силаев В. И., к. г.-м. н. Тимонина Н. Н., д. г.-м. н. Ткачев Ю. А., к. г.-м. н. Удоратин В. В., д. г.-м. н. Цыганко В. С., д. г.-м. н. Шумилова Т. Г., д. г.-м. н. Юдович Я. Э. Кроме сотрудников института в состав Ученого совета входят д. г.-м. н. Боровинских А. П., министр промышленности и энергетики Республики Коми к. г.-м. н. Герасимов Н. Н., заместитель начальника Севзапнедра, начальник Коминедра к. г.-м. н. Тарбаев М. Б., заместитель заведующего кафедрой геологии ИЕН СГУ им. Питирима Сорокина к. г.-м. н. Майорова Т. П. и д. г.-м. н. Мальков Б. А.

За 2015 год состоялось 15 заседаний Ученого совета, на которых традиционно обсуждались: научно-исследовательские работы, научные программы, аттестация аспирантов, докторантов, сотрудников, структурные вопросы, диссертационные работы, программы экспедиционных отрядов, отчеты о зарубежных командировках, вопросы издательской деятельности, отзывы и т. д.

Диссертационному совету Д 004.008.01 разрешено принимать к защите диссертации по специальностям геолого-минералогических наук: 25.00.04 — «петрология, вулканология», 25.00.05 — «минералогия, кристаллография», 25.00.11 — «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения». В текущем году состоялось одно заседание диссертационного совета, на котором обсуждались планы реорганизации диссертационных советов в Институте геологии Коми научного центра УрО РАН в связи повышением требований к диссертационным советам со стороны Министерства образования и науки РФ и реформой институтов ФАНО. Работа членов диссертационного совета была связана с подготовкой пакета документов по организации нового диссертационного совета.

Диссертационному совету Д 004.008.02 разрешено принимать к защите диссертации по специальностям геолого-минералогических наук: 25.00.01 — «общая и региональная геология»; 25.00.02 — «палеонтология и стратиграфия»; 25.00.12 — «геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений». В 2015 г. диссертационный совет провел шесть заседаний, на которых были рассмотрены организационные вопросы, план защиты диссертаций на 2015 г., материалы диссертаций. Успешная защита диссертации Котика И. С. по теме «Новейшая тектоника и прогноз локальных структур юга Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции» состоялась 19 мая 2015 года (протокол № 4); защита диссертации Багаева А. Н. «Модель седиментации эмско-нижнефранских отложений в зоне сочленения восточной окраины Русской плиты, Предуралья Краевого прогиба и Западно-Уральской зоны складчатости (Пермский край)» — 27 ноября 2015 года (протокол № 6).

Финансирование и приобретение оборудования. Общий объем финансирования института из разных источников составил 184 518 183 руб. На долю базового бюджетного финансирования в нем приходится 94,3 % (из них 91,3 % — на субсидирование госзадания, 3 % — на конкурсные программы фундамен-

тальных исследований), 1,9 % — на целевое субсидирование НИР (стипендии аспирантам, оплата проезда к месту отдыха). Внебюджетные средства составили 3,8 %.

В 2015 г. приобретено исследовательское и общелaborаторное оборудование на сумму 1 651 014,43 руб.: микроскоп биологический прямой Axio Lab. A1; микроскоп поляризационный «Полам Л-213» (2 шт.); радиометр «Радон»; стереомикроскопы бинокулярные с приставками (3 шт.); весы аналитические электронные СУ-224; источник питания стабилизированный; термическое оборудование (муфельная печь, водяная баня); ПО «Лаборатория». На приобретение расходных материалов было потрачено 502 750,41 руб., на ремонт приборов и оборудования — 264 770,33 руб.

Открытие мемориальной доски. 20 мая 2015 г. состоялось значимое для нас событие — торжественное открытие мемориальной доски академику Николаю Павловичу Юшкину (1936—2012 гг.). На церемонии открытия выступили академики А. М. Асхабов и М. П. Рощевский, коллеги и ученики Н. П. Юшкина, первый заместитель Председателя Госсовета РК В. П. Марков, директор Института естественных наук Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина И. Н. Юранева.

Признание достижений. За отчетный период сотрудники института, внесшие заметный вклад в развитие геологической науки, создание новых направлений, подготовку кадров высокой квалификации, получили различные награды (рис. 9). Премию правительства Республики Коми в области научных исследований — Юхтанов П. П.; Премию имени академика Л. Д. Шевякова — Юдович Я. Э. и Кетрис М. П.; благодарность Главы РК — Ткачев Ю. А.; знак отличия «За безупречную службу Республике Коми» — Рябинкина Н. Н.; почетную грамоту РАН — Шумилов И. Х.; почетную грамоту Коми НЦ УрО РАН — Ветошкина О. С., Есев Г. Г., Мальцева В. Т., Симакова Ю. С.; почетное звание «Ветеран Коми НЦ УрО РАН» — Вытегорова В. В., Исайчев К. И., Модянова Е. В.; почетную грамоту ИГ Коми НЦ УрО РАН — Андреичев В. Л., Габова О. В., Голубева Ю. В., Денисова Ю. В., Жидова В. А., Захарова Н. В., Зубова Т. А., Конанова Н. В., Куликова О. Ю., Лютоев В. А., Матвеева Н. А., Мочалова И. Л., Перовский И. А., Понарядов А. В., Стрекалова Н. С., Филиппова О. В., Шмыров П. Е.; почетную грамоту Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РК — Валяева О. В., Глухов Ю. В., Марченко-Вагапова Т. И., Пономаренко Е. С.; благодарность Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РК — Исаенко С. И., Каблис Г. Н., Капитанова В. А., Макеев Б. А.; благодарственное письмо оргкомитета VII Международного скульптурного симпозиума «Финно-угорский мир. Память» — Жданова Л. Р.

Диплом победителя программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК») получил Перовский И. А.; диплом I степени за лучший доклад, представленный на Международной научной конференции молодых ученых «Молодежь в науке — 2015» (Минск, Белоруссия) — Антропова Е. В.

Решением Ученого совета Института геологии Коми НЦ УрО РАН традиционно были присужде-



ны именные стипендии студентам, специализирующимся в области геологии в Сыктывкарском государственном университете, как особо проявившим себя в учебе и по результатам учебных геологических и производственных практик: стипендия им. А. А. Чернова на 2015/2016 учебный год — студенту 4-го курса кафедры геологии Попвасеву К.; стипендия им. В. А. Варсанофьевой на 2015/2016 учебный год — студентке 2-го курса кафедры геологии Лютовой О.

Печальные события не обошли наш институт в 2015 году. Ушла из жизни научный сотрудник лаборатории минералогии В. Д. Тихомирова.

В заключение несколько слов о наших текущих делах и задачах на 2016 год.

Как и весь прошедший год, сейчас мы живем в ожидании перемен. Лишь в конце года было принято решение, что институт будет участвовать в интеграционном проекте формирования федерального исследовательского центра на базе научных организаций, подведомственных ФАНО и расположенных в Республике Коми. Необходимость участия в этом проекте осознают и руководители других наших институтов. Разногласия продолжают сохраняться в вопросе о формах объединения: слияния или присоединения к базовой организации. ФАНО настаивает на втором варианте. Все понимают, что процесс будет идти сложно, впереди много неясного. Но я уверен, проблемы преодолимы. Должен заметить, удовлетворительной альтернативы интеграционному проекту не существует. Очевидные плюсы интеграционного проекта связаны с тем, что он обеспечивает больше возможностей для сохранения коллектива в сложное кризисное время. Потенциал самостоятельного выживания, к сожалению, очень ограничен. Трудности связаны не то, что с развитием института, а элементарно с его жизнеобеспечением, выживанием. Они возрастают с каждым годом. Впереди еще неясные перспективы по оценке результативности и эффективности, с категоризацией институтов. Нам очень трудно вписаться в новые условия работы.



Рис. 9. Признание научных достижений
Fig. 9. Recognition of scientific achievements



Основные проблемы института уже давно обозначены. Я уже как-то говорил: наши плюсы недавнего прошлого в новых условиях превращаются в минусы. Критерии оценки меняются. К сожалению, традиционные для нас академические свободы, творческая атмосфера, отсутствие административного диктата и т. д. не выдерживают конкуренции с другими, более жесткими формами организации работы. Идеология «не мешать хорошим людям делать хорошую работу» в условиях ФАНО часто не оправдывает себя. Хочу еще раз обратить внимание на необходимость резкого усиления исполнительской дисциплины. Руководители лабораторий должны стать реальными организаторами работы в коллективах. Я, как директор, за редкими исключениями не чувствую инициативы со стороны заведующих.

Соответствующий анализ их работы будет сделан в ближайшее время. Заведующие — это специалисты, отвечающие за конкретное направление исследований.

На текущий год, вынужден повторить, остаются те же задачи, что и в прошлом году. Нам надо усилить работу в следующих востребованных направлениях:

- публикации, статьи в журналах, крупные обобщения;
- участие в курсах, российских и международных;
- взаимодействие с производственными организациями;
- сохранение и



развитие методов исследований.

У нас складывается катастрофическая ситуация с внебюджетным финансированием. Вынужден уже в который раз повторять: без дополнительных источников финансирования выжить будет трудно. Будет ли спасительным участие в интеграционном проекте — еще вопрос.

Серьезные проблемы ожидаются также в связи с планируемым ФАНО изменением порядка финансирования научных учреждений и нормированием труда. И это может самым серьезным образом отразиться на нашей работе! Однако я продолжаю надеяться, что 2016 год не будет существенно хуже, чем прошедший. Мы продолжаем смотреть в будущее с осторожным оптимизмом.

Академик А. Асхабов



USING FOSSIL «FINGERPRINTS» TO CIRCUMSCRIBE THE PALEOGEOGRAPHY OF TWO ALASKAN TERRANES ALONG THE URALIAN SEAWAY IN THE LATE SILURIAN

Anna I. Antoshkina^{1,2} and Constance M. Soja³

¹ Institute of Geology Komi SC of UB of RAS, Syktyvkar, Russia; antoshkina@geo.komisc.ru

² Syktyvkar Pitirim Sorokin State University, Syktyvkar

³ Department of Geology, Colgate University, Hamilton, NY 13346 USA; csoja@colgate.edu

We present an updated model for the paleogeography of Alaska's Alexander and Farewell terranes, showing how a wealth of paleontologic and geologic data allow their locations to be circumscribed to the Northern Hemisphere—specifically the Uralian Seaway—in the Late Silurian. An unusually distinctive microbial-sponge-hyroid consortium constructed substantial platform-margin reefs in the terranes during the Late Silurian (Ludlow). The reefs and associated level-bottom communities exhibit strongest paleobiogeographic affinities with marine biotas found along the western and eastern slopes of the Urals and in Salair (southwestern Siberia). The microbe-dominated reefs are a Late Silurian «fingerprint» of abnormal Uralian Seaway conditions that were induced by a shrinking ocean basin, Caledonide tectonics, and related factors in the Late Silurian.

Keywords: unique reef biotas, Alexander and Farewell terranes, Urals, Siberia, Late Silurian paleogeography.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ-ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ДВУХ ТЕРРЕЙНОВ АЛЯСКИ В ПРЕДЕЛАХ УРАЛЬСКОГО МОРСКОГО ПУТИ В ПОЗДНЕМ СИЛУРЕ

А. И. Антошкина^{1,2}, К. М. Соджа³

¹ Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия; antoshkina@geo.komisc.ru

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Сыктывкар

³ Геологический факультет Колгейтского университета, Гамильтон, Нью-Йорк, 13346, США; csoja@colgate.edu

Мы представляем обновленную модель для палеогеографии террейнов Аляски — Александра и Фаревел, показывая, как многочисленные палеонтологические и геологические данные ограничивают их местоположение в позднем силуре северным полушарием, а именно в пределах Уральского морского пути. Чрезвычайно выразительный микробально-губково-гидроидный консорциум формировал довольно мощные рифы на окраинах платформ террейнов в позднем силуре (лудлове). Рифы и связанные с ними придонные сообщества показывают самое тесное палеобиогеографическое сходство с морской биотой западного и восточного склонов Урала и Салаира (юго-западная Сибирь). Изобилующие микробальными сообществами рифы являются своего рода позднесилурийской «дактилоскопией» аномальных условий Уральского морского пути, которые были вызваны сокращающимся океанским бассейном, каледонской тектоникой и связанными с ними факторами в позднем силуре.

Ключевые слова: уникальная рифовая биота, террейны Александра и Фаревел, Урал, Сибирь, позднесилурийская палеогеография.

Introduction

Diagnostic Silurian species found at disparate sites in the Northern Hemisphere can be used to constrain the paleogeographic setting of «exotic» terranes now located in western North America (Alaska), southwestern Siberia, and the Urals. Together with other geologic evidence, these data circumscribe terrane locations to the Uralian Seaway. Specifically, extensive microbial-sponge reef communities of Late Silurian (Ludlow) age occur in the Alexander terrane (AT) and Farewell terrane (FT) of Alaska, in Salair in southwestern Siberia, and along the western and eastern slopes of the Urals. These reefs were built by an unusually distinctive consortium of microbial organisms (calcified cyanobacteria, calcareous algae, and microporella), sphinctozoan (aphrosalpingid) sponges, and *Fistulella*, a problematic hydroid. They are found nowhere else in the world during that restricted time interval.

We present below a brief overview of Northern Hemisphere paleogeography, the geologic setting of the

reef biotas, and their paleobiogeographic affinities. These data show that the microbe-dominated biotas record enormous ecological changes and unusual seaway conditions that prevailed across a broad region, bordered by Siberia to the north and by Laurentia and Baltica to the south [3, 53]. We hypothesize that narrowing of the Uralian Seaway and late-stage Caledonide (Scandian) tectonism generated significant terrestrial influx, reduced habitats for normal-marine metazoans, elevated nutrient loads, and, ultimately, fueled extensive microbial «blooms» that promoted stromatolite reef growth in the proto-Arctic basin in the Late Silurian.

Northern Hemisphere Paleogeography

Continents

In the Early–Mid Paleozoic, Laurentia and Baltica were clustered near the equator separated from Siberia to the north by the Uralian Seaway (Figure 1). During the

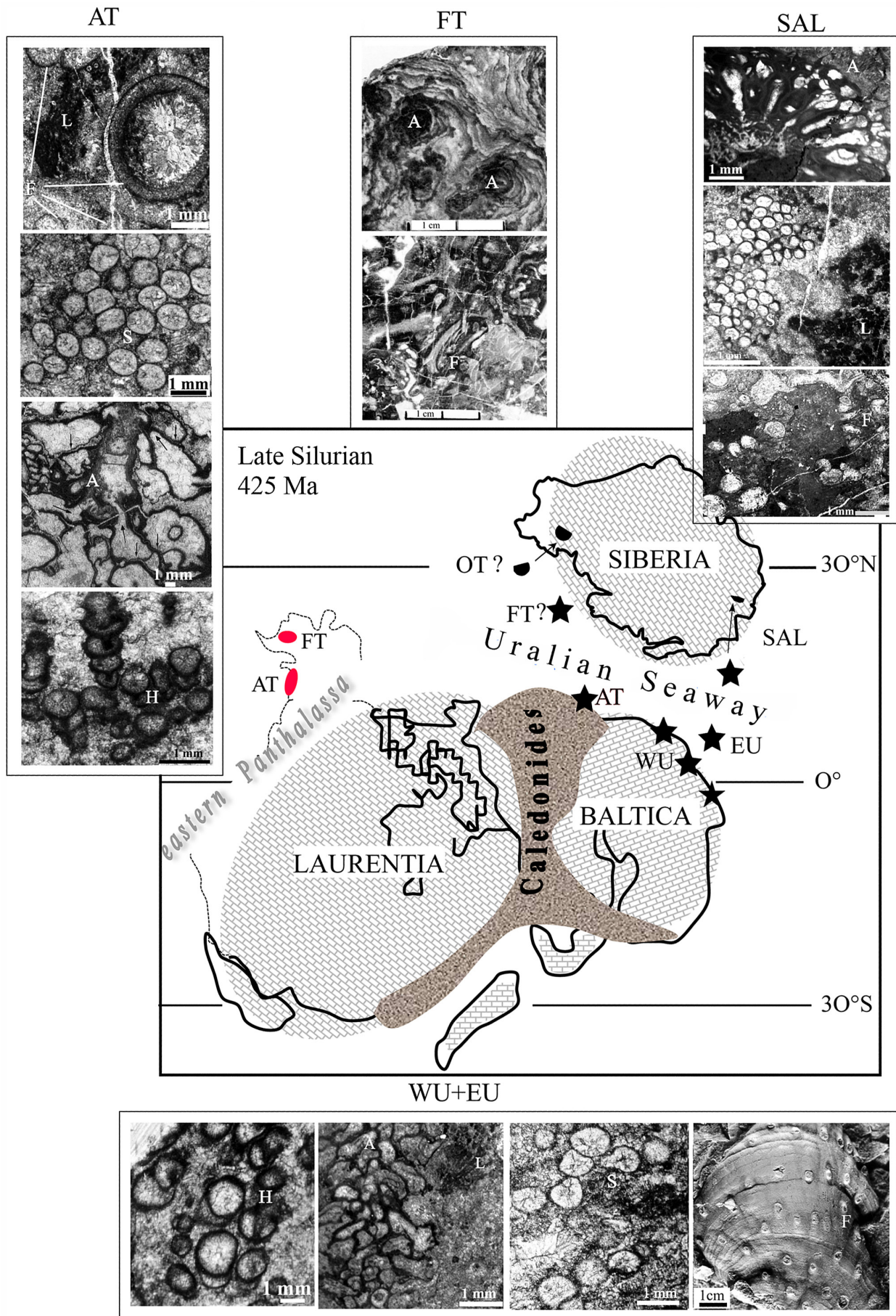


Figure 1. Our updated model for the paleogeography of Alaska's Alexander (AT) and Farewell (FT) terranes along the Uralian Seaway, which also shows current locations of the AT and FT in Alaska and photomicrographs of representative reef biotas (stars indicate sites of co-occurring microbial-sponge-hydroid reef associations in Alaska, Salair, and the Urals). Modified from [3, 20, 30, 50]. Abbreviations: EU—Eastern Urals; OT — Omulevka terrane, SAL — Salair, WU — Western Urals. Photomicrograph abbreviations: A — aphrosalpingids, F — Fistulella hydroid, H — Hecetaphyton, L — Ludlovina, S — Sphaerina

Silurian, that seaway straddled the equator and was at its narrowest [30] with Siberia in close proximity to Baltica [19]. In the Late Silurian, Laurentia and Baltica collided during culminating phases of the Caledonide Orogeny. As Euramerica (Laurussia) was being consolidated, flysch-molasse sequences of the Old Red Sandstone (ORS) developed across 40° of latitude, extending 4500 km from eastern North America to Ireland, the UK, Norway, East Greenland, and Spitsbergen. The extraordinary thickness (4–8 km) of ORS sequences reflects high depositional rates in rapidly subsiding, intra-montane basins [9, 10, 19, 21, 25].

Until the onset of Uralide orogenesis, eastern Baltica (western slope of the present-day Ural Mountains) was a passive continental margin and unaffected by Caledonide orogenesis, as indicated by the absence of red bed molasse in the Late Silurian–Early Devonian. The Tagil and other volcanic arcs were accreted as terranes to Baltica, forming the eastern slope of the Urals beginning in the Late Devonian [36]. However, the pre-Carboniferous location of specific arc terranes that underwent accretion during the Uralide orogen is still debated.

Terranes

The Alexander terrane (AT) is one of the largest and best studied of the many terranes that form the North American Cordillera (all references in [50]). It originated in the Neoproterozoic–Early Paleozoic as an island arc and comprises early Precambrian detrital zircons that match the age of magmatic rocks found only in Baltica [26, 32]. Moreover, the Wales pre-Ordovician orogenic event in the AT bears similarities with the Neoproterozoic–early Paleozoic Timanide orogen of eastern–northeastern Baltica [20]. Significantly, the AT is the only Cordilleran terrane that experienced a Late Silurian–Early Devonian orogeny (Klakas event); detrital zircons extracted from orogenic molasse (Upper Silurian–Lower Devonian Karheen Formation) best match those from western Baltica and the northern Caledonides [12, 13, 20, 26]. Finally, Silurian–Lower Devonian facies in the AT are very similar lithologically to coeval ORS deposits, which suggest that the arc-continent collision experienced by the AT during the Klakas event was related to Caledonide orogenesis [11–13, 55, 58]. Because its geologic history and fossil affinities are well established, the AT's location along the mid-southern portion of the Uralian Seaway (Figure 1) serves as a linchpin for unraveling Northern Hemisphere paleogeography in the mid-Paleozoic, as described below.

The Farewell terrane (FT) of southwestern Alaska is a continental margin fragment, as indicated by Lower Paleozoic carbonate and siliciclastic shelf and slope deposits [20]. Early Paleozoic faunas share affinities with biotas in Siberia as well as Laurentia, Arctic Alaska–Chukotka terrane, and, to a lesser extent, the Omulevka terrane. This suggests that the terrane was derived from the Siberian (or Laurentian?) margin [14, 57]. Even though its mid-Paleozoic paleolatitude has yet to be established from paleomagnetic data, the FT was most likely located within 30° of the equator, given the thick carbonate deposits and abundance of warm-water indicators.

Debates persist about whether *Salair*, a Neoproterozoic–Early Paleozoic island arc, accreted to southwestern Siberia (present-day coordinates) in the early

Ordovician, subsequently forming part of a passive continental margin sequence, or if it remained an independent tectonic entity (micro-continent) before becoming welded to Siberia in the post-Silurian [23, 31, 60]. Thus, *Salair*'s paleogeography in the Late Silurian–Early Devonian remains open for discussion, although paleomagnetic data locate it within 30° of the equator in the mid-Paleozoic [59], as does paleontologic and sedimentologic evidence (discussed below).

Late Silurian Microbial Reefs

The AT is one of two Cordilleran terranes where an unusually distinctive consortium of microbial organisms (calcified cyanobacteria, calcareous algae, and microporobacteria), sphinctozoan (aphrosalpingid) sponges, and *Fistulella* (a problematic hydroid) built enormous reefs in the Late Silurian (Ludlow) (Table 1). These microbe-dominated deposits do not represent level-bottom mat communities that grew in a marginal-marine or intertidal setting, as suggested by Cocks and Torsvik [19]. Rather, associated metazoans, the massiveness of the limestones, and the downslope deposition of megabreccias — some in the AT comprise house-sized blocks lithified by coarse rinds of marine carbonate cements — clearly indicate that the calci-microbes constructed substantial stromatolite reefs at a platform margin [7, 45, 47, 56].

The FT is the other Cordilleran terrane where an extensive microbial reef complex developed in the Late Silurian–Early Devonian [18]. Diverse microbial taxa (e. g., *Solenopora*, *Epiphyton*, *Renalcis*, and *Sphaerocodium*) constructed the buildups associated with dasycladaceans, gypsidulid brachiopods, sphinctozoan sponges (aphrosalpingids), problematic hydroids (e. g., *Fistulella*), and rare corals and stromatoporoids. These deposits are approximately 500 m thick, 1 km wide, and several 100 km long. They interfinger with limestone debris flows and graptolitic shales of basinal origin.

The Ludlow reefs of the Urals formed in two different environmental settings: A) the West-Uralian reefs exposed for 2500 km were rigid organic structures that grew a passive platform at the eastern margin of Baltica; B) reefal limestones from the Eastern Urals originated in the Tagil island arc during a phase of waning volcanism. The Ludlow reefs are characterized by a similar, distinctive stromatolitic framework, encrustations of aphrosalpingid sponges on *Fistulella* [6, 7, 53], and relatively rare, fragmented remains of shelly marine benthos (brachiopods, coral, etc.) (Figure 1). In the Upper Silurian reefs of both regions, similar groups of organisms comprise the major reef-builders and reef-dwellers (Table 1). The co-occurrence of *Aphrosalpinx textilis*, *Fistulella undosa*, and *Ludlowia multi-spora* establishes a paleobiogeographic link between West-Uralian and East-Uralian environmental settings during the Late Silurian.

In northwestern *Salair*, Ludlow reefs described from the Potapovka Formation also exhibit a relatively low abundance of metazoans in a reef framework dominated by a similar consortium of microbial-stromatolitic taxa [3, 4].

Paleoenvironmental and Paleogeographic Implications

Because the AT's location is circumscribed to the Caledonide region in the Late Silurian–Early Devonian,



the AT's distinctive biotas shed insights into paleoenvironmental conditions and paleogeographic relations that once existed in the proto-Arctic basin. In the Late Silurian, the Uralian Seaway was a narrow, equatorial–subequatorial marine corridor affected by Caledonide orogenesis along its southern margin [19, 50]. As the orogenic event reached its peak in the Late Silurian (Scandian phase), vast accumulations of Caledonide-derived sediment poured into the Uralian Seaway. Terrigenous sediment filled deep-marine troughs before flooding across shallow-marine platforms, terminating carbonate deposition to the south [19, 25]. We hypothesize that excessive nutrients, transported via terrigenous clastic runoff, fueled cyanobacterial «blooms» [50]. Unusual seawater chemistry and fluctuations in temperature, salinity, and oxygen concentrations could have also induced stressed environmental conditions [49].

The AT's microbial reefs, which existed for a short time during culminating Caledonide (Scandian) phases in the Ludlow, clearly serve as a «fingerprint» of abnormal marine conditions that developed in the Uralian Seaway in the Late Silurian. Thus, we propose that similar, coeval biotas, such as those from the FT, Urals, and Salair, must have evolved at sites within that broad but contiguous marine basin, where Uralian Seaway conditions were conducive to the expansion of microbe-dominated communities. Percentages of taxa shared in common among coeval biotas are used to help locate more precisely each reef site and thus refine Northern Hemisphere paleogeography in the mid–Paleozoic.

Although not identical in taxonomic composition, the Alaskan reefs are most similar to coeval stromatolite-sponge-hydroid reefs that developed in eastern Baltica [2, 7, 8, 47, 48]. The Uralian microbial reefs share >80 % of key taxa in common with the AT reefs (Table 1). Ludlow reefs in Salair also exhibit greatest similarities with the Uralian and AT reefs, sharing 61 % of taxa in common; far fewer of the reef taxa (22 %) co-occur in the FT [3, 4, 7] (Table 1). Similarly, the Ludlow microbial reefs in the AT and the Urals share only 25–30 % of taxa in common with the FT [48] (Table 1).

The paleontologic data indicate that Salair must have existed within the Uralian Seaway at a site between Baltica and Siberia that favored biotic exchange with the Tagil (EU) and Salair island arcs, AT, and, to a lesser extent, the FT in the Late Silurian (Figure 1). The greater similarities shared with the Uralian and AT biotas suggest that Salair was most likely located in the eastern portion of the seaway, either as an independent micro-continent or as part of southwestern Siberia (Table 1, Figure 1).

Because the FT shares some Ludlow reef biotas in common with Salair, the AT, and Urals, it too must have been located along the Uralian Seaway somewhere between Siberia, Baltica, Laurentia, and the AT [20, 50]. However, the absence of post-orogenic, flysch-molasse sequences in the FT comparable to the ORS indicates that the FT was not affected by the Caledonide orogeny and so must have resided at a significant distance from the orogenic front. Also, given the lower percentage of Silurian biotas in the FT that co-occur in the AT and Urals, the FT was most likely located along the northern margins of the Uralian Seaway at a site that lay beyond the effects of Caledonide tectonism and molasse deposition in the Late Silurian [49] (Table 1, Figure 1).

Additional support for our paleogeographic model is derived from a comprehensive compilation of all Silurian taxa described to date from the AT—from microbes to metazoans associated with reefs and level-bottom habitats (Table 1). Those data reveal that Silurian biotas in the AT do indeed exhibit strongest provincial affinities with Baltica, sharing 61 % in common. Significantly fewer AT taxa co-occur elsewhere, as indicated by the 20 % of taxa shared with Laurentia, 16 % with Salair, 12 % with the eastern Urals, and 11 % with the FT and also Siberia (Table 1). Thus, the paleontologic evidence is in full agreement with paleogeographic data derived from paleomagnetic and detrital zircon studies, which position the AT close to the Caledonide front [11–13, 20].

This multi-disciplinary perspective helps explain how similar Late Silurian marine communities could evolve in disparate tectonic settings: island arcs (AT, EU), passive continental margin (WU), and micro-continent (Salair, FT). Clearly, organisms that colonized those areas were adapted to the special conditions that arose during culminating phases of the Caledonide orogeny, as marine habitats were shrinking and receiving considerable sediment influx. Each biota acquired its own regional signature but was able to exchange larvae and undergo transmigration with other sites within the Uralian Seaway. Those in closer physical proximity or linked via effective ocean currents are characterized by a higher percentage of taxa shared in common (Figure 1).

During culminating orogenic phases in the Late Silurian–Early Devonian, the AT reefs collapsed as the shelf margin foundered, and AT biotas experienced regional extinction during marine regression and molasse progradation [55]. Elsewhere, however, abnormal conditions appear to have prevailed for millions of years at sites along the Uralian Seaway not overwhelmed by Caledonide-derived clastic influx. In particular, microbial-dominated reefs, associated in many areas with *Fistulella*, persisted into the Early Devonian along the western slope of the Urals, in the Tagil volcanic arc that would be accreted later to form the eastern Urals, and in the FT [5, 18]. The prolonged existence of massive reefs with a stromatolite-like, calcified framework, atypical for most Paleozoic reefs, is testament to the prevalence of unusual environmental conditions within the Uralian Seaway over a considerable interval of time [1, 2].

Finally, to test the hypothesis that the microbial-aphrosalpingid-*Fistulella* reefs are a Late Silurian «fingerprint» for abnormal Uralian Seaway conditions in the Late Silurian, research was undertaken on coeval limestone deposits that formed in the Gobi-Altaj and Mandalovoo terranes in Mongolia. Those terranes were situated in the Northern Hemisphere within 35° of the paleoequator but beyond the eastern margin of the Uralian Seaway in the Paleozoic [35, 52]. The coeval rocks examined in Mongolia formed under environmental conditions broadly similar to those in the AT (i. e., in a spectrum of shallow- to deep-marine, limestone-dominated environments in a tectonically active setting). Yet calci-microbes do not predominate in the reefs or level-bottom communities there, and none of the distinctive microbial, aphrosalpingid, or hydroid taxa exist in the Gobi-Altai region [35, 52]. This helps confirm our hypothesis that unusual conditions along the Uralian Seaway—and nowhere else—favored the development of microbial reefs in the Late Silurian.

Compilation of all key Silurian taxa described from the AT, their distribution in other sites, and their paleobiogeographic affinities, as indicated by the authors of the references shown

FORMATION	SILURIAN TAXA (in AT)	Authors (see references) interpret to be most like species from -> authors' additional notes	BAL	LAU	SAL	EAS	FAR	SIB	OT	WNA	NER	LIV	AT	COS	IND	Affinities interpreted as	As reported in
													(endemic)				
	Level-bottom taxa are in white boxes																
	Microbial reef taxa are in orange boxes																
Heceta	KEY BRACHIOPODS (N=13)																
	<i>Brooksina alaskensis</i>		X	X		X			X							Uralian-Cordilleran subprovince	[14, 27, 42, 43]
	<i>Kirkidium vogulicum</i>	possible AT occurrence of morph. variable species*	X	X		X										(of Old World province)	[*14, pg. 327]
	<i>Kirkidium cf. alaskense</i>								X								
	<i>Harpidium insignis</i>		X			X			X								
	<i>Conchidium cf. alaskense</i>			X					X								
	<i>Nanukidium cf. N. cunninghamensis</i>			X													
	<i>Atrypa</i> <i>poidea borealis</i>	genus is widespread globally (Sil), common in Arctic Canada				X			X					X			[28, 33]
	<i>Gracianella</i>	genus is widespread globally in Silurian	X	X		X								X		V	[33]
	<i>Alaskospira dunbari</i>																[16]
	<i>Cymbidium acutum</i>			X													
	<i>Atrypa</i> <i>poidea tenuis</i>																V
Willoughby	<i>Sapelnikovella santuccii</i>	new genus & species											X				[15]
SIL/unknown (Kennel Creek see [29])	<i>Strophatrypa skaflestadi</i>	new genus & species											X				[17]
Heceta (& Willoughby)	KEY GASTROPODS (N=22)																
	<i>Bathmopterus liratus</i>	endemic genus & species											X				[14, 24, 40]
	<i>Beraunia bohemia</i>	species occurs in Late Silurian of Bohemia	X														
	<i>Beraunia bifrons</i>	appears identical to species from Late Silurian, Bohemia	X														
	<i>Hecetastoma gehrelsi</i>	new genus & species											X				
	<i>Coelocaulus karlae</i>	resembles some Silurian species of <i>Coelocaulus</i> from Prague Basin; genus is known from eastern NA (mid-late Sil)	X														
	<i>Baichtalia tongassensis</i>	new genus & species											X				
	<i>Kirkospira glacialis</i>	new genus & species; similar to “ <i>Pleurotomaria</i> ”	X														
		<i>lindströmi</i> from Urals; genus is known from eastern NA															
	<i>Goniostropha</i>		X														[14]
	<i>Medfracaulus turriformis</i>	appears identical to <i>M. turriformis</i> from the Urals (+ genus is known from SIB)	X			X	X										
	<i>Pachystrophia gotlandica</i>	<i>Euomphalus gotlandicus</i> from Wenlock of Gotland is very similar in size and shape	X				(X)			X							
	<i>Retispira</i> aff. <i>R. volgulica</i>	very similar in size, shape, ornament to Ludlow “ <i>Bellerophon</i> ” <i>volgulus</i> from Urals	X														
	<i>Pachystrophia cf. gotlandica</i>	(+ genus is known from Gondwana terrane)	X													close relationship with gastropod	[41]
	<i>Spinicharybdis krizi</i>	genus is known from the E Sil (Gotland) & Late Silurian	X	X												faunas of Bohemia & FAR	[33]
	<i>Spinicharybdis boucoti</i>	(Ludlow) of Canadian Arctic (+ Kazakhstan)		X													
	<i>Haplospira craigi</i>	<i>H. spinosum</i> from the Silurian (Ludlovian) Kopanina Fm of Czech Republic	X														
	<i>Australonema</i> sp.	Gotland; Siberia (Sil); Bohemia (Dev); Australia (Dev)	X					X									
	<i>Morania wagneri</i>	Bohemia, Scotland, eastern Canada	X	X													
	<i>Morania nixonforkensis</i>	(genus is known from SIB + Gondwana terrane)					X	X									
	<i>Medfrazyga gilmulli</i>	<i>Medfrazyga clauticae</i> from Dev of southwestern AK					X									V	V

Table 1 continuation

FORMATION	SILURIAN TAXA (in AT)	Authors (see references) interpret to be most like species from ->	BAL	LAU	SAL	EAS	FAR	SIB	OT	WNA	NER	LIV	AT	COS	IND	Affinities interpreted as	As reported in
	<i>Bucanopsis</i>	(also known from eastern NA)		X				X								closest Silurian gastropod faunas	[24, pg. 214]
	<i>Oriostoma</i>	(also known from eastern NA + Gondwana terrane)		X				X								to those from the AT are known	
	<i>Euomphalopterus</i>	(also known from eastern NA + western Avalonia)		X				X		X						from the Urals, Bohemia, & FAR	V
Heceta	KEY BIVALVES (N=11)																
& Willoughby	<i>Pycinodesma benjamini</i>	similar, coeval megalodontids known	(X)	(X)									X				[14, 22]
	<i>Pycinodesma giganteum</i>	mainly from Canadian Arctic + Urals											X				
SIL/Kennel	<i>?Colpomya</i> aff. <i>hugini</i>	Gotland, Sweden	X													<i>Janicula potens</i> community	[29]
Creek	<i>?Colpomya</i> aff. <i>audae</i>	Prague Basin, Bohemia	X													Gotland & Prague basin,	
	<i>Modiolopsis</i> aff. <i>modiolaris</i>	Prague Basin, Bohemia (Ordovician)	X													Bohemia	
	<i>Mytilarca boucoti</i>	Prague Basin, Bohemia (Ordovician)	X														
	<i>?Schizodus</i> sp. <i>A</i>	China (Devonian)															
	<i>?Schizodus</i> sp. <i>B</i>	central and eastern US, Laurentia (Devonian)		X													
	<i>Saguinolites</i> sp.	Prague Basin, Bohemia; China (Devonian)	X														
	<i>Modiomorpha</i> sp.														X		
	<i>Goniophora thula</i>	Prague Basin, Bohemia	X													V	V
Heceta	SCAPHOPODS (N=2)																
	<i>Dentalium hecetaensis</i>												X				[41]
	<i>Rhytidentalium</i> cf. <i>kentuckyensis</i>																[41]
Heceta	TRILOBITES (N=1)																
	<i>Richterarges</i> n. sp.	<i>R. aquilonius</i> , <i>R. bigener</i> from Canadian Arctic		X													[14]
Heceta	KEY SPONGES (N=15)																
	<i>Aphrosalpinx textilis</i>		X		X	X	X	X								strongest affinities with	[7, 14, 38, 39, 50]
	<i>Aphrosalpinx nana</i>		X					?								BAL, SAL, & FAR	
	<i>Nematosalpinx dichotomica</i>		X		X		X										
	<i>Nematosalpinx hormathodes</i>												X				
	<i>Cystothalamiella alaskensis</i>												X				
	<i>Cystothalamiella irregularis</i>												X				
	<i>Palaeoschada crassimularis</i>		X		X												V
	<i>Girtyocoeliana epiporata</i>									X						unstated, but highly endemic	[39]
	<i>Alaskaspongiella laminosa</i>	new genus & species											X			fauna comprises many new	
	<i>Polyplacospongia nodosa</i>	new genus & species											X			genera and species	
	<i>Monolaminospongia gigantia</i>	new genus & species											X				
	<i>Cladospongia alaskensis</i>	new genus & species											X				
	<i>Virgulaspongia uniforma</i>	new genus & species											X				
	<i>Stipespongia laminata</i>	new genus & species											X				
	<i>Turbospongia biperforata</i>	new genus & species											X			V	V
SIL/Descon	GRAPTOLITES													X			[14]
Heceta	CONODONTS													X			[14]
Heceta	RUGOSE CORALS (N=9)																
	<i>Tryplasma</i> spp.															U Sil-E Dev rugosids	[34]
	<i>Cystiphyllum</i> spp.															(along with detrital zircons)	

Table 1 continuation

FORMATION	SILURIAN TAXA (in AT)	Authors (see references) interpret to be most like species from ->	BAL	LAU	SAL	EAS	FAR	SIB	OT	WNA	NER	LIV	AT	COS	IND	Affinities interpreted as	As reported in
	new cystiphyllid															indicate the AT was in	
	<i>Microplasma</i> sp.															the northern hemisphere at	
	<i>Rhizophyllum</i> sp. A															longitude near BAL and in Late	
	<i>Zelophyllum</i> sp.															Devonian-Early Carboniferous	
	<i>Plasmophyllum labrum</i> n. sp.												X			was close to w. Canada	
	<i>Plasmophyllum</i> sp.		X					X									
	new kyphophyllids															V	V
Heceta	?HYDROID (N=1)																
& Willoughby	<i>Fistulella undosa</i>		X		X	X	X										[2, 3, 7, 53]
Heceta	MICROBIOTAS (N=14)																
& Willoughby	<i>Girvanella problematica</i>		X		X											strongest affinities with	[37, 54]
	<i>Girvanella</i> sp.															BAL, SAL, & FAR	[3, 7, 50]
	<i>Hedstroemi</i> a sp.		X		X												
	<i>Epiphyto</i> n sp.		X	X	X		X										
	<i>Hecetaphyton alaskense</i>	new genus & species	X		X												
	<i>Ludlovia multispora</i>		X		X	X											[42]
	<i>Renalcis</i> cf. <i>R. tuberculatus</i>		X		X		X										
	" <i>Solenopora</i> " <i>compacta</i>		X														
	" <i>Solenopora</i> " <i>filiformis</i>		X														
	" <i>Solenopora</i> " <i>gotlandica</i>		X														
	<i>Rothpletzella gotlandica</i>		X														
	<i>Tuxekanella simplex</i>	new genus & species	X														[44]
	<i>Wetheredella silurica</i>		X		X												
	<i>Sphaerina congregata</i>	new genus & species	X		X											V	V
Heceta	ICHNOGENERA (N=5)																
	<i>Chondrites</i> ichnosp.														X	none suggested	[46]
	? <i>Chondrites</i> ichnosp.														X		
	<i>Palaeophycus</i> ichnosp.														X		
	<i>Planolites</i> ichnosp. cf. <i>P. beverleyensis</i>														X		
	? <i>Planolites</i> ichnosp.														X	V	V
QUALITATIVE TALLY			42	15	12	9	8	8	5	3	0	0	19	4	6		
note: after completing compilation, columns were re-arranged to show strongest to weakest faunal affinities from left to right																	
TOTAL # AT TAXA																	
Total # AT endemic																	
Total # AT non-endemic																	
% of 74 non-endemic AT taxa found in other geographic sites ->			61	20	16	12	11	11	7	4	0	0	20%	5	8		
			BAL	LAU	SAL	EAS	FAR	SIB	OT	WNA	NER	LIV	AT	COS	IND		
Abbreviations: AT (Alexander terrane); BAL (Baltica); COS (cosmopolitan); EAS (eastern Urals=accreted island-arc terranes; Antoshkina & Königshof 2008); FAR (Farewell terrane of southwestern Alaska);																	
IND (indeterminate); LAU (Laurentia); LIV (Livengood terrane of east-central Alaska); NER (northeast Russia); OT (Omulevka terrane); SAL (Salair); SIB (Siberia); WNA (Cordilleran terranes in western North America)																	



Conclusions

Our updated paleogeographic reconstruction of the Northern Hemisphere in the Late Silurian is based on an analysis of unique reef biotas and associated communities described from the AT, FT, Salair, and Urals. Those reefs, dominated by microbial rather than metazoan taxa, are diagnostic indicators of the stressed environmental conditions that developed along the Uralian Seaway in the Late Silurian during culminating phases in the Caledonide orogeny. An integration of paleogeographic (paleomagnetic, detrital zircon) and paleobiogeographic (paleontologic) evidence allows the AT to serve as a linchpin for identifying the Northern Hemisphere position of some accreted terranes and micro-continents in the mid-Paleozoic.

Acknowledgments

We are grateful to the National Science Foundation of USA and to many colleagues at Colgate University, Smith College, Institute of Geology (Syktyvkar), Institute of Geology and Geophysics (Ekaterinburg), Kuzbass State Pedagogical Academy (Novokuznetsk), and Mongolian University of Science and Technology (Ulaanbaatar) who provided support, help, guidance, and advice in the field. Additional thanks go to Viktor N. Puchkov for constructive comments on a final version of this paper.

References

- Antoshkina A. I. 1998. Organic buildups and reefs on the Palaeozoic carbonate platform margin, Pechora Urals, Russia. *Sedimentary Geology*, V. 108 (1–4), pp. 187–210.
- Antoshkina A. I. 2003. *Rifobrazovanie v Paleozoe (Sever Urala i sopredelnye oblasti)* (Reef formation in Paleozoic (Northern Urals and adjacent areas)) UrO RAN, Ekaterinburg. 303 pp.
- Antoshkina A. I. 2005. *Rifovaya biota Urala i Salaira: Paleobiogeograficheskoe znachenie dlya srednego Paleozoya* (Reef biota of Urals and Salair: Paleobiogeographical value for Middle Paleozoic). *Komi Nauchnyy Tsentr, Uralskoe Otdelenie, Rossiyskaya akademiya nauk. Nauchnye doklady*. V. 469, pp. 1–26.
- Antoshkina A. I., Gutak Y. M., Bagmet G. N., and Savitskij V. R. 2006. *Novye dannye po silurijskim rifam Salaira, Zapadnaya Sibir* (New data on Silurian reef of Salair, Western Siberia). *Novosti Paleontologii i Stratigrafii*. V. 9, pp. 21–29.
- Antoshkina A. I., Königshof P. 2008. Lower Devonian reef structures in Russia: an example from the Urals. *Facies*. V. 54, pp. 233–251.
- Antoshkina A. I., Soja C. M. 2000. *Ekologicheskie osobennosti pozdnesilurijskikh rifovykh biot* (Ecological features of Late Silurian reef biota). *Sreda i Zhizn' v geologicheskoy proshlom*. Proceedings. Novosibirsk. pp. 49–50.
- Antoshkina A. I., Soja C. M. 2006. Reef biota migration between Alaska, the Urals, and Salair allows Late Silurian reconstruction. *GFF*. V. 128, pp. 75–78.
- Antoshkina A. I., Soja C. M., and White B. 2000. New data on the composition of a Ludlow reef in the Northern Urals, Russia. *Pan-Arctic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Fauna*. Syktyvkar. Geoprint, pp. 22–26 (Ichthyolith Issue, Special Publication, 6).
- Baarli B. G., Johnson M. E., and Antoshkina A. I. 2003. Silurian Stratigraphy and Paleogeography of Baltica. *In* E. Landing & M. E. Johnson (eds.) *Silurian Lands and Seas. Paleogeography Outside of Laurentia*. New York State Museum Bulletin. V. 493, pp. 3–35.
- Barclay W. J., Browne M. A. E., McMillan A. A., Pickett E. A., Stone P., and Wilby P. R. 2005 (eds.). *The Old Red Sandstone of Great Britain*. Geological Conservation Review Series. No. 31. Peterborough, U. K. Joint Nature Conservation Committee. 393 p.
- Beranek L. P., van Staal C. R., Gordeev S. M., McClelland W. C., Israel S., and Mihalynuk M. 2012. Tectonic significance of Upper Cambrian–Middle Ordovician mafic volcanic rocks in the Alexander terrane, Saint Elias Mountains, northwestern Canada. *Journal of Geology*. V. 120, pp. 293–314.
- Beranek L. P., van Staal C. R., Gordeev S. M., McClelland W. C., Israel S., and Mihalynuk M. 2013a. Detrital zircon Hf isotopic compositions indicate a northern Caledonian connection for the Alexander terrane. *Lithosphere*. V. 5, pp. 163–168.
- Beranek L. P., van Staal C. R., Gordeev S. M., McClelland W. C., Israel S., and Mihalynuk M. 2013b. Baltican crustal provenance for Cambrian–Ordovician sandstones of the Alexander terrane, North American Cordillera: Evidence from detrital zircon U–Pb geochronology and Hf isotope geochemistry. *Journal of the Geological Society*. V. 170, pp. 7–18.
- Blodgett R. B., Boucot A. J., Rohr D. M., and Pedder A. E. H. 2010. The Alexander terrane of Alaska — a displaced fragment of Northeast Russia? Evidence from Silurian–Middle Devonian megafossils and stratigraphy. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*. V. 39, pp. 323–339.
- Blodgett R. B., Boucot A. J., Baranov V. V., and Rohr D. M. 2013. *Sapelnikovella santucci*, a new gypidulinid brachiopod genus and species from the Upper Silurian of Glacier Bay National Park & Preserve, southeast Alaska. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*. V. 44, pp. 65–72.
- Blodgett R. B., Tainter A. W. and Rohr D. M. 2014. Alaska fossils of the month: The Siberian origin of the Alexander terrane of southeast Alaska. *Newsletter of the Alaska Geological Society*. V. 44 (5), pp. 5–8.
- Boucot A. J., Blodgett R. B., and Rohr D. M. 2012. *Strophatrypa*, a new genus of Brachiopoda (Atrypidae), from Upper Silurian strata of the Alexander terrane, northeast Chichagof Island, Alaska. *Bulletin of Geosciences*. V. 87, pp. 261–267.
- Clough J. G., Blodgett R. B. 1989. Silurian–Devonian algal reef mound complex of southwest Alaska. *In* Geldsetzer, H. H. J., James, N. P., Tebbutt, G. E. (eds.), *Reefs Canada and Adjacent Areas*. Canadian Society of Petroleum Geologists. Memoir. V. 13, pp. 404–407.
- Cocks L. R. M., Torsvik T. H. 2010. The Palaeozoic geography of Laurentia and western Laurussia: A stable craton with mobile margins. *Earth-Science Reviews*. V. 106, pp. 1–51.
- Colpron M., Nelson J. L. 2010. Chapter 31. A Palaeozoic NW Passage and the Timanian, Caledonian and Uralian connections of some exotic terranes in the North American Cordillera. *Geological Society. London. Memoirs*. V. 35, pp. 463–484.
- Corfu F., Gasser D., and Chew D. M. 2014. New perspectives on the Caledonides of Scandinavia and related areas: Introduction, *in* Corfu F., Gasser D., and Chew D. M., eds., *New Perspectives on the Caledonides of Scandinavia and Related Areas*. Geological Society. London. Special Publications. V. 390, pp. 1–8.
- de Frietas T. A., Brunton F., and Bernecker T. 1993. Silurian megalodont bivalves of the Canadian Arctic and Australia: Paleocology and evolutionary significance. *Palaios*. V. 8 (5), pp. 450–464.

23. Dobretsov N. L., Buslov M. M. 2007. *Pozdnekembrijsko-ordovikskaya tektonika i geodinamika Tsentralnoj Azii* (Late Cambrian-Ordovician tectonics and geodynamics of Central Asia). *Geologiya i Geophysika*. V. 48, pp. 71–82.
24. Ebbestad J. O. R., Frýda J., Wagner P., Horný R., Isakar M., Stewart S., Percival I., Bertero V., Rohr D. M., Peel J. S., Blodgett R. B. and Höglström A. E. S. 2013. Biogeography of Ordovician and Silurian gastropods, monoplacophorans and mimospirids. In Harper D. A. T. and Servais T. (eds). *Early Palaeozoic Biogeography and Palaeogeography*. Geological Society. London. Memoirs V. 38 (1), pp. 199–220.
25. Gee D. G., Fossen H., Henriksen N., and Higgins A. K. 2008. From the Early Paleozoic platforms of Baltica and Laurentia to the Caledonide orogen of Scandinavia and Greenland. *Episodes*. V. 31, pp. 44–51.
26. Grove M., Gehrels G. E., Cotkin S. J., Wright J. E., and Zou H. 2008. Non-Laurentian cratonic provenance of Late Ordovician eastern Klamath blueschists and a link to the Alexander terrane. *Geological Society of America. Special Paper*. V. 438, pp. 223–250.
27. Johnson J. G., Boucot A. J. and Murphy M. A. 1976. Wenlockian and Ludlovian age brachiopods from the Roberts Mountains Formation of central Nevada University of California Publications in Geological Sciences. V. 105, pp. 1–102.
28. Jones B. 1981. *Atrypoides* species from the Canadian Arctic islands. *Canadian Journal of Earth Sciences*. V. 1810. P. 1539–1561.
29. Kriz J., Blodgett R. B., and Rohr D. M. 2010. Silurian bivalvia from Chichagof Island, southeast Alaska (Alexander terrane). *Bulletin of Geosciences*. V. 86 (2), pp. 241–258.
30. Lawver L. A., Gahagan L. M., and Norton I. 2010. Chapter 5. Palaeogeographic and tectonic evolution of the Arctic region during the Palaeozoic. *Arctic Petroleum Geology*. Geol. Soc. London. Memoirs V. 35, pp. 61–77.
31. Metelkin D. V., Vernikovskiy V. A., and Kazansky A. Y. 2012. *Tektonicheskaya evolyutsiya Sibirskogo paleokontinenta ot neoproterozoya do pozdnego mezozoya: paleomagnitnye dannye i rekonstruktsiya* (Tectonic evolution of Siberia paleocontinent from Neoproterozoic to Late Mesozoic: paleomagnetic data and reconstruction). *Geologiya i Geophysika*. V. 53, pp. 675–688.
32. Miller E. L., Kuznetsov N., Soboleva A., Udoratina O., Grove M. J., and Gehrels G. 2010. Baltica in the Cordillera? *Geology*. V. 39, pp. 791–794.
33. Paleobiology Database (Fossilworks: Gateway to the Paleobiology Database). <http://fossilworks.org/?a=home>
34. Pedder A. E. H. 2006. Zoogeographic data from studies of Paleozoic corals of the Alexander terrane, southeastern Alaska and British Columbia / Haggart J., Enkin R., and Monger, J. (eds.). *Paleogeography of western North America: Constraints on Latitudinal Displacements*. Geological Association of Canada. Special Paper. V. 46, pp. 29–57.
35. Pellegrini A. F. A., Soja C. M. and Chuluun M. 2015. Post-tectonic limitations on Early Devonian (Emsian) reef development in the Gobi-Altai region, Mongolia. *Lethaia*. V. 45, pp. 46–61.
36. Puchkov V. N. 2010. *Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* (Ural and Subural geology (problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)). Ufa, DizainPoligrafServis, 240 p.
37. Riding R., Soja C. M. 1993. Silurian calcareous algae, cyanobacteria, and micro-problematica from the Alexander terrane, Alaska. *Journal of Paleontology*. V. 63, pp. 710–728.
38. Rigby J. K., Nitecki M. H., Soja C. M., and Blodgett R. B. 1994. Silurian aphrosalpingid sphinctozoans from Alaska and Russia. *Acta Palaeontologica Polonica*. V. 39, pp. 341–391.
39. Rigby J. K., Rohr D. M., Blodgett R. B., and Britt B. B. 2008. Silurian sponges and some associated fossils from the Heceta Limestone, Prince of Wales Island, Southeastern Alaska. *Journal of Paleontology*. V. 82, pp. 91–101.
40. Rohr D. M., Blodgett R. B. 2008. Silurian gastropods from the Alexander Terrane, southeast Alaska. In Blodgett R. B., & G. D. Stanley (eds.). *The terrane puzzle: New perspectives on paleontology and stratigraphy from the North American Cordillera*. Geological Society of America. Special Paper 442, pp. 51–61.
41. Rohr D. M., Blodgett R. B., and Fryda J. 2008. Silurian gastropoda from southeastern and west-central Alaska. *Journal of Paleontology* 82 (3), pp. 604–610.
42. Sapelnikov V. P., Bogoyavlenskaya O. V., Mizens L. I., and Shuysky V. P. 1999. Silurian and Early Devonian benthic communities of the Ural-Tien Shan region. In: Boucot A. J. & Lawson J. D. (eds). *Paleocommunities: A Case Study from the Silurian and Lower Devonian*. Cambridge University Press. pp. 510–544.
43. Sheehan P. M., Harris M. T. 1997. Upper Ordovician–Silurian macrofossil biostratigraphy of the eastern Great Basin, Utah and Nevada. U. S. Geological Survey Professional Paper 1579–C. pp. 89–121.
44. Skompski S. 2010. Paleobiogeographical significance of the Late Silurian micro-problematica *Tuxekanella* Riding and Soja. *Journal of Paleontology*. V. 84, pp. 346–351.
45. Soja C. M. 1991. Origin of Silurian reefs in the Alexander terrane of southeastern Alaska. *Palaaios*. Vol. 6, pp. 101–126.
46. Soja C. M. 1991. Silurian trace fossils in carbonate turbidites from the Alexander arc of southeastern Alaska. *Ichnos*. V. 1, pp. 173–181.
47. Soja C. M. 1994. Significance of Silurian stromatolite-sphinctozoan reefs. *Geology*. V. 22, pp. 355–358.
48. Soja C. M. 2008. Silurian-bearing terranes of Alaska. In Blodgett R. B., Stanley G. D., Jr. (eds.). *The terrane puzzle: New perspectives on paleontology and stratigraphy from the North American Cordillera*. Geological Society of America. Special Paper. V. 442, pp. 39–50.
49. Soja C. M., Antoshkina A. I. 1997. Coeval development of Silurian stromatolite reefs in Alaska and the Ural Mountains: implications for paleogeography of the Alexander terrane. *Geology*. V. 25, pp. 539–542.
50. Soja C. M., Antoshkina A. I. 2013. *Terrein Aleksandra severoamerikanskikh kordil'er: kriticheskij analiz silurijsko-devonskoj paleogeografii* (The Alexander terrane of North America Cordillera: critical analysis of Silurian-Devonian paleogeography). *Litosfera*. V. 4, pp. 3–21.
51. Soja C. M., Krutikov L. 2008. Provenance, depositional setting, and tectonic implications of Silurian polymictic conglomerates in Alaska's Alexander terrane. In Blodgett, R. B., Stanley, G. D., Jr. (eds.), *The terrane puzzle: New perspectives on paleontology and stratigraphy from the North American Cordillera*. Geological Society of America Special Paper. V. 442, pp. 63–75.
52. Soja C. M., Minjin C., Myrow P., and Over D. J. 2010. Paleozoic paleoenvironmental reconstruction of the Gobi-Altai terrane, Mongolia. In de Wet A. P. & Heister L. (eds.), *Keck Geology Consortium. Proceedings of the 23rd Annual Keck Research Symposium in Geology*, pp. 182–199.
53. Soja C. M., Mitchell M., Newton A. J., Vendetti J., Visaggi C., Antoshkina A. I., and White B. 2003. Paleocology of



sponge-?hydroid associations in Silurian microbial reefs. *Palaios*. V. 18, pp. 225—235.

54. Soja C. M., Riding R. Silurian microbial communities from the Alexander terrane, Alaska // *J. Paleontology*, 1993. V. 63, pp. 728—738.

55. Soja C. M., White B. 2016. Lacustrine deposits in the Karheen Formation fortify links between Alaska's Alexander terrane and the Old Red Sandstone continent in the Late Silurian-Early Devonian. *Journal of Sedimentary Research*. *in press*.

56. Soja C. M., White B., Antoshkina A., Joyce S., Mayhew L., Flynn B., and Gleason A. 2000. Development and decline of a Silurian stromatolite reef complex, Glacier Bay National Park, Alaska. *Palaios*. V. 15, pp. 273—292.

57. Till A. B., Dumoulin J. A., and Bradley D. C. 2010. Paleogeographic reconstruction of the Arctic Alaska-Chukotka terrane based on zircon and paleontologic data from Seward

Peninsula. *Geological Society of America Abstracts with Programs*. V. 42 (5), pp. 573.

58. van Staal C. R., Beranek L., Israel S. A., McClelland W. C., Mihalynuk M. G., Nelson J. A., and Joyce N. 2010. New data and ideas on the Paleozoic-Triassic evolution of the Insular Superterrane of the North American Cordillera. *Geological Society of America. Abstracts with Programs*. V. 42 (5), pp. 574.

59. Yolkina E. A., Sennikov N. V., Bakharev N. K., Izokh N. G., and Klets A. G. 2003. Silurian paleogeography along the southwest margin of the Siberian continent: Altai-Sayan folded area. *In* Landing, E., Johnson, M. E. (eds.), *Silurian Lands and Seas: Paleogeography Outside of Laurentia*. New York State Museum Bulletin. V. 493, pp. 299—321.

60. Zonenshain L. P., Kuzmin M. I., and Natapov L. M. 1990. *Geology of the USSR: A plate-tectonic synthesis*. AGU Geodynamic Series. V. 21, 1—242 pp.



ПЕРВИЧНЫЙ СОСТАВ ПОРОД НЯРОВЕЙСКОЙ СЕРИИ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н. С. Уляшева, О. В. Гракова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

nsulasheva@geo.komisc.ru, ovgrakova@geo.komisc.ru

Няровейская серия является слабо изученным объектом Центрально-Уральской зоны Полярного Урала. Она представлена в основном различными сланцами, первичный состав и геодинамические обстановки формирования которых недостаточно исследованы. Возраст серии принимается условно как среднерифейский.

В результате петрографического и петрохимического изучения пород в составе няровейской серии выделены несколько групп метаморфитов, разделяемые по минеральному и химическому составу на орто- и параобразования. Ортопороды представлены metabasalts, metatuffs and metarhyolites. Pararocks are metapelites, metagraywackes, arkose and quartzite sandstones. These volcanic-sedimentary deposits seem to be formed in marginal oceanic or marginal marine settings.

Ключевые слова: няровейская серия, metabasalts, metapelites, the primary composition.

PRIMARY COMPOSITION OF ROCKS OF THE NYAROVEY SERIES (POLAR URALS)

N. S. Ulyasheva, O. V. Grakova

Institute of Geology, Komi Science Centre, Ural Branch of RAS, Syktvykar

Nyarovey series is a poorly studied subject of the Central Ural region of Polar Urals. It is represented mainly by various shales. The primary composition and geodynamic conditions of shale formation are not well studied. The age of the series is accepted conditionally — RF₂.

The petrographic and petrochemical studies of the Nyarovey series resulted in definition of several groups of metamorphites, divided by their mineral and chemical compositions to ortho- and pararocks. Orthorocks are represented by metabasalts, metatuffs and metarhyolites. Pararocks are metapelites, metagraywackes, arkose and quartzite sandstones. These volcanic-sedimentary deposits seem to be formed in marginal oceanic or marginal marine settings.

Keywords: nyarovey series, metabasalts, metapealites, the primary composition.

Няровейская серия представлена верхнедокембрийскими образованиями Харбейского выступа Центрально-Уральской мегазоны Полярного Урала (рис. 1), метаморфизованными в условиях зелено-сланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций. Она протягивается в виде полос вдоль западной окраины раннепротерозойского харбейского комплекса и обрамляет с запада и востока раннепротерозойский марун-кеуский комплекс, метаморфизм которых достигал соответственно высоких ступеней амфиболитовой [14] и эклогитовой [16] фаций. Возраст серии принимается условно как среднерифейский по залеганию ниже мраморизованных известняков немурюганской свиты с микрофитолитами IV (укского) комплекса рифея [2].

Первые сведения о составе и геодинамических обстановках формирования пород няровейской серии отражены в работах А. В. Цимбалюка [18], В. Н. Охотникова [8], Л. Л. Подсосовой [9] и др. Было установлено, что няровейская серия представлена вулканогенно-терригенными образованиями, сформировавшимися на стадии геосинклинального развития полярно-уральского сегмента земной коры. Позднее В. И. Ленных [4] было выдвинуто предположение, что породы няровейской серии, распространенные с западной и восточной сторон марун-кеуского комплекса, отличаются по условиям образования. По его мнению, в разрезе няровейской серии с восточной стороны в отличие от разрезов западной части присутствуют амфиболиты, линзы глаукофановых эклогитов и гипербазитов, т.е. образования, протолиты которых сформировались в океанической обстановке. Большой вклад в изучение магматических об-

разований, залегающих среди метатерригенных пород няровейской серии, внес В. А. Душин [3]. Он показал, что в нижней части няровейской серии среди грубо-терригенных пород распространена metabasalt-dolerite formation магматитов с петрохимическими особенностями авлакоген-рифтогенных образований, а в средней толще среди углеродисто-кремнистых сланцев — formation натриевых базальтов, образовавшихся совместно с ассоциирующими с ними в океанической обстановке гипербазитами.

Несмотря на более чем пятидесятилетнюю историю изучения пород няровейской серии, некоторые вопросы до сих пор остаются открытыми: реконструкция первичного состава метатерригенных и метавулканогенных образований, установление геодинамической обстановки формирования пород и др.

Целью настоящей работы является реконструкция первичного состава пород няровейской серии. Изучение первичного состава пород позволит восстановить геодинамическую обстановку формирования протолитов метаморфитов няровейской серии, что очень важно для понимания истории геологического развития перспективных на полезные ископаемые верхнедокембрийских образований Центрально-Уральской мегазоны Полярного Урала. Няровейская серия специализирована на благороднометалльное и урановое оруденение, а также на проявления колчеданного и колчеданно-полиметаллического типа. Углеродистые сланцы характеризуются повышенными содержаниями серебра, цинка, свинца, ванадия, фосфора, платиноидов и др. [2]. К серии приурочены гранитоидные тела с редкометалльными месторождениями [13].

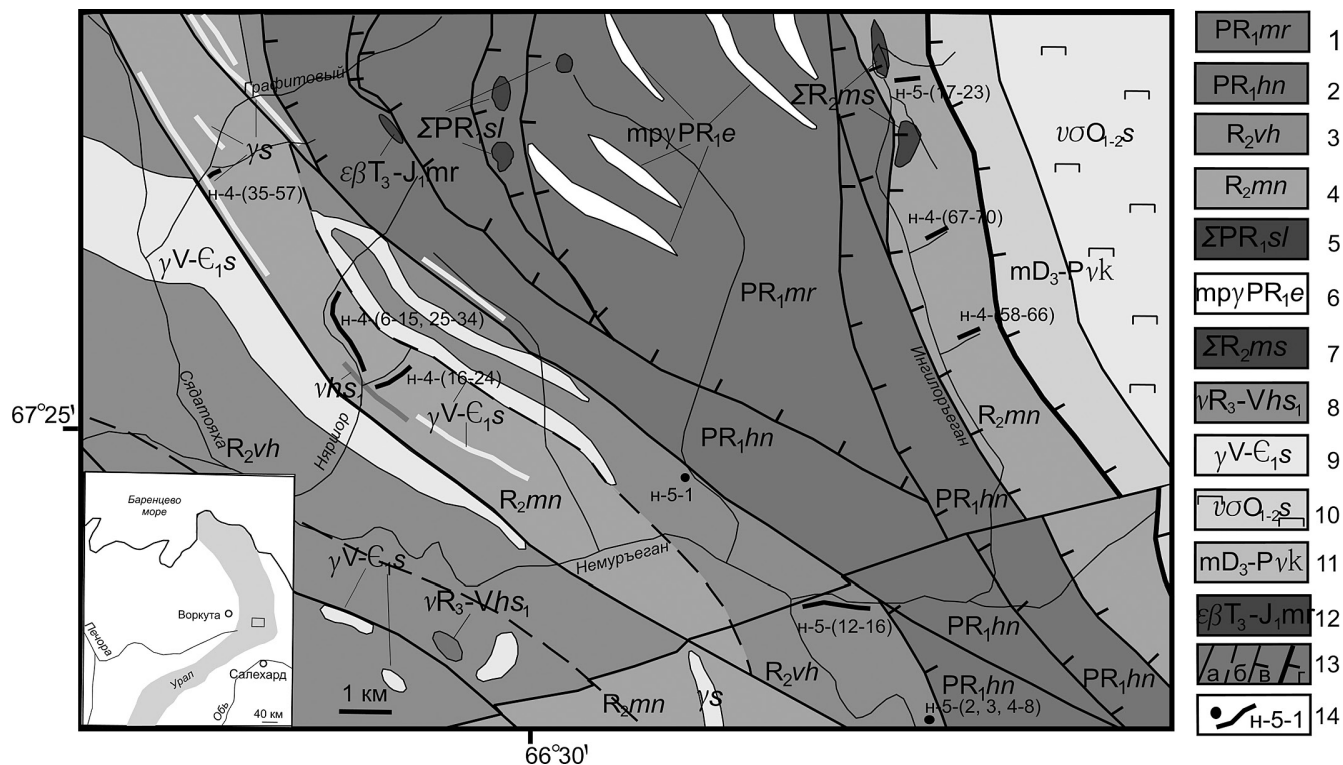


Рис. 1. Схематическая геологическая карта нижнего течения р. Немурьюган (Полярный Урал) по [2]. Условные обозначения: 1—2 марун-кеуский комплекс: 1 — марун-кеуская свита, 2 — ханмейхойская свита; 3—4 — няровейская свита: 3 — верхнехарбейская свита, 4 — минисейшорская свита; 5 — слюдяногорский комплекс габбро-гипербазитовый эколгитизированный plutонический; 6 — евюганский комплекс мигматит-плагиогранитовый plutонический; 7 — минисейский комплекс измененных гипербазитов plutонический; 8 — харбей-собский комплекс габбро-гранодиоритовый; 9 — сядатояхинский комплекс гранитовый plutонический; 10 — сyum-кеуский комплекс дунит-гарцбургитовый plutонический; 11 — войкаро-кемпирсайский комплекс тектонитов; 12 — марунский комплекс щелочно-базитовый; 13 — разрывные нарушения: а — сдвиги, б — неустановленной кинематики, в — взбросо-надвиги второстепенные, г — взбросо-надвиги главные; 14 — места отбора проб с номерами проб

Fig. 1. Schematic geological map of lower reaches of Nemuryugan river (Polar Urals) (in [2]). Legend: 1—2 marun-keyusky complex: 1 — marun-keuskaya suite, 2 — khammeyhoyskaya suite; 3—4 — nyaroveyskaya suite: 3 — verkhnekarbayskaya suite, 4 — miniseyshorskaya suite; 5 — sludyanogorsky gabbro-ultramafic plutonic eclogitized complex; 6 — evyugansky migmatite-plagiogranite plutonic complex; 7 — miniseysky altered ultramafic plutonic complex; 8 — kharbey-sobsky gabbro-granodiorite complex; 9 — syadatyakhinsky granite plutonic complex; 10 — syumkeusky dunite-harzburgite plutonic complex; 11 — voykaro-kempirsaysky complex of tectonites; 12 — marunsky alkaline basite complex; 13 — dislocations: a — shifts, б — of unknown kinematics, в — secondary overthrust reversed faults, г — main overthrust reversed faults; 14 — sampling locations with numbers of samples

Геологическая позиция

Няровейская серия (R_2nr) впервые была выделена С. Д. Беляковым и Ю. С. Бушканец в 1954 г. Согласно стратиграфическим схемам Урала [12], снизу вверх выделяются верхнехарбейская (R_2vh) и минисейшорская (R_2mn) свиты. Верхнехарбейская свита мощностью 400—500 м сложена метаморфизованными терригенно-осадочными отложениями — слюдяно-кварц-полевошпатовыми кварцитопесчаниками и гравелистами с подчинёнными пластами и пачками хлорит-слюдяно-кварц-альбитовых, хлорит-серицит-альбит-кварцевых, графитоидных сланцев. Нижняя граница проводится по основанию горизонта конгломератов, а верхняя — по основанию первого горизонта углеродистых сланцев. Базальный горизонт полимиктовых конгломератов обнажается по рр. Паатарка, Пэсавей-Яха, ручьям Саль-Тальба, Трудному, Бурному. Общая протяженность горизонта конгломератов по простиранию составляет около 20 км, а мощность — от первых метров до 30—40 м [2].

Минисейшорская свита представлена метабазальтами, филлитовидными, эпидот-хлорит-амфиболовыми, эпидот-альбит-хлоритовыми сланцами с

подчинённым развитием углеродистых и карбонатных разностей. Верхняя граница свиты проводится по исчезновению из разреза филлитовидных сланцев и появлению зеленых парасланцев немурьюганской свиты (R_3nm). Мощность свиты 1200—1400 м [2].

Отложения няровейской серии прослеживаются в северо-восточном направлении и замыкаются на севере на широте оз. Байто. Взаимоотношения с нижележащими харбейским и марун-кеуским метаморфическими комплексами тектонические. Полоса пород минисейшорской свиты, протягивающаяся вдоль восточной стороны марун-кеуского комплекса, с востока граничит по Главному Уральскому разлому с тектонитами войкаро-кемпирсайского комплекса. Для пород няровейской серии характерна складчатость с интенсивной микроскладчатостью. При этом её линейность и напряженность резко усиливаются при приближении к разломам [2]. По данным К. С. Нейман [7], в няровейской серии широкое развитие получили процессы структурно-вещественного преобразования пород, обусловленные становлением уралид. По результатам структурных исследований было установлено как минимум три этапа деформации. Ранние структурные



элементы встречаются в виде реликтов и имеют северо-западную ориентировку.

Рифейский вулканизм, проявившийся в отложениях няровейской серии, по данным В. А. Душина [3], разделяется на раннесреднерифейский рифтогенный (бадьяюганский комплекс метабазальтов и метандезибазальтов) и среднепозднерифейский океанически-островодужный (верхнехарьбейско-енганепэйский комплекс метаморфизованных базальтов, долеритов, андезибазальтов и андезитов).

Метаморфизм пород няровейской серии соответствовал условиям мусковит-хлоритовой, хлорит-биотитовой и актинолит-эпидот-биотитовой субфаций зеленосланцевой фации. Повышение уровня метаморфизма до эпидот-амфиболитовой фации отмечается на локальных участках и связано с внедрением интрузивных тел [7]. По геологическому положению и уровню метаморфизма няровейская серия схожа с пуйвинской свитой среднерифейского возраста Приполярного Урала [11].

Методы исследования

Для изучения вещественного состава метаморфитов няровейской серии был произведен отбор слабоизмененных метасоматическими процессами проб (150 штук) из естественных обнажений. Минералогический состав, а также микроструктурные особенности пород определялись с помощью поляризованного микроскопа. В связи с тем что региональный метаморфизм практически полностью стирает первичные литологические признаки пород, основной упор при реконструкции первичного состава метаморфитов был сделан на изучение их химического состава, так как химическая классификация может частично или полностью заменять литологическую [19]. При этом мы исходили из предположения, что региональный метаморфизм протекал изохимически.

Для разделения орто- и парапород была использована дискриминантная функция $DF(x) = -0.24SiO_2 - 0.16TiO_2 - 0.25Al_2O_3 - 0.28FeO^* - 0.30MgO - 0.48CaO - 0.79Na_2O - 0.46K_2O - 0.10P_2O_5 + 26.64$, $FeO^* = 0.9Fe_2O_3 + FeO$ С. Д. Великославинского с соавторами [1]. 95 % магматических пород соответствует значениям $DF(x)$ менее 0.3, а 95% осадочных пород — значениям $DF(x)$ более -0.8 , область неопределенности $-0.8 < DF(x) < 0.3$. Дополнительная характеристика пород производилась с помощью идентификационных диаграмм А. А. Предовского [10], А. Н. Неелова [6] и геохимических модулей Я. Э. Юдовича [19]. Приведем формулы вычисления геохимических модулей: ГМ — гидролизатный модуль — $(TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + MnO)/SiO_2$; ТМ — титановый модуль — TiO_2/Al_2O_3 ; ЖМ — железный модуль — $(Fe_2O_3 + FeO + MnO) / (TiO_2 + Al_2O_3)$; ФМ — фемический модуль — $(Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO)/SiO_2$; НКМ — модуль нормированной щелочности — $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$; АМ — алюмокремниевый модуль — Al_2O_3/SiO_2 .

Химические составы пород получены с помощью метода мокрой химии (аналитик О. В. Кокшарова), рентгенофлуоресцентного (аналитик С. Т. Неверов) и атомно-эмиссионного спектрального (аналитик И. А. Перовский) анализов в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН.

Петрогеохимическая характеристика пород и реконструкция первичного состава

Нами изучены породы няровейской серии по руч. Няршор, Сядатояха, Графитовый, Харчерузь с западной стороны марун-кеуского комплекса и по руч. Ингилоръеган и его левым притокам с восточной стороны. Азимуты падения пород по руч. Няршор, Маруншор и Харчерузь составляют в основном $350-355^\circ$, $0-20^\circ$, по руч. Графитовый $0-35^\circ$, углы падения пород — $30-65^\circ$. По безымянным притокам руч. Ингилор азимуты падения метаморфитов варьируют от 20 до 70° , углы падения — $60-75^\circ$. В связи с тем что породы смяты в крупные изоклинальные складки, в разрезах нарушается последовательность их формирования.

Петрографические исследования позволили выделить по минеральному составу две разновидности образований: кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые породы и слюдисто-кварцевые сланцы.

Кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые породы имеют сланцеватую, иногда слабосланцеватую и массивную текстуру, нематолепидогранобластовую, редко порфиробластовую структуру. Они характеризуются содержаниями кальцита ($0-10\%$), кварца ($1-10\%$), мусковита ($1-3\%$), альбита ($3-30\%$), хлорита ($5-25\%$), эпидота ($5-40\%$), амфибола (преимущественно актинолита) ($15-35\%$). К данной группе пород мы также отнесли кварц-эпидот-альбит-хлоритовый сланец (н-4-69) с высоким содержанием хлорита (40%). Мощность толщ варьирует от 1 до 17 м. По содержанию глинозема и согласно дискриминантной функции С. Д. Великославинского и др. [1] они разделились на две группы (табл. 1). Умеренноглиноземистые ($Al_2O_3 - 12.63-15.68\%$) сланцы обнаруживают сходство в основном с ортообразованиями (I группа), а более высокоглиноземистые ($Al_2O_3 - 16.06-17.66\%$) породы попадают в область неопределенности (II группа).

I группа пород имеет содержания кремнезема $39.06-51.67\%$. При этом карбонатсодержащие разновидности отличаются низким количеством кремнезема, закисного железа (н-4-68, н-4-69) и высоким — оксида кальция и углекислоты, что, скорее всего, связано с карбонатизацией пород. На диаграмме А. А. Предовского (рис. 2) точки составов пород занимают поле базитов [10, 15]. По классификации А. Н. Неелова [6] они относятся к толеитовым базальтам и пикритовым базанитам (рис. 3). Согласно классификации Я. Э. Юдовича, рассматриваемые породы близки к псевдогипогидролизатам¹ и псевдосуперсиаллитам с ГМ $0.44-0.64$. Высокие значения ТМ ($0.04-0.12$), ЖМ ($0.61-0.87$) и ФМ ($0.35-0.47$) указывают на магматическую природу данных образова-

¹ По значениям модуля ГМ выделяются три типа кремневых и терригенных осадочных пород: силиты (гиперсилиты — менее 0.05 , суперсилиты — $0.06-0.10$, нормосилиты — $0.11-0.20$, миосилиты — $0.21-0.30$), сиаллиты (гипосиаллиты — $0.30-0.35$, нормосиаллиты — $0.36-0.48$, суперсиаллиты — $0.49-0.55$), гидролизаты (гипогидролизаты — $0.56-0.85$, нормогидролизаты — $0.86-0.2$, супергидролизаты — $2.1-10$, гипергидролизаты — более 10). Псевдосилиты, псевдосиаллиты и псевдогидролизаты выделяются в рамках типов силитов, сиаллитов и гидролизатов по аномально высоким содержаниям MgO [19].

Таблица 1

Химический состав пород няровейской серии, мас. %

Table 1

Chemical composition of rocks of nyaroveyskaya series wt. %

Компо- ненты Compo- nents	Кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые породы Quartz-epidote-chlorite-actinolite rocks														Кварц-слюдистые сланцы Quartz-mica shales									
	I группа									II группа					III группа									
	н-4-62	н-4-70	н-5-18	н-05-3	н-05-19	н-05-16	н-4-68	н-4-44	н-04-69*	н-5-24	н-5-17	н-5-20	н-4-61	н-5-9	н-4-11	н-04-23	н-5-15	н-4-33	н-5-28	н-04-40	н-4-63	н-4-65		
SiO ₂	49.04	47.61	48.82	51.57	51.67	47.64	39.06	46.22	39.75	44.77	40.53	47.32	40.41	46.88	48.54	52.97	54.85	60.59	58.56	49.17	53.52	50.82		
TiO ₂	1.73	0.88	0.79	0.76	0.90	1.16	0.52	1.19	0.97	1.59	1.07	0.65	2.85	1.53	1.38	1	0.96	0.82	1.04	1.13	0.92	0.78		
Al2O ₃	14.92	14.34	15.06	12.55	12.63	15.68	12.7	14.22	14.93	16.06	17.05	17.66	17.2	17.28	22.45	19.85	21.1	18.67	20.87	19.8	16.3	17.5		
Fe ₂ O ₃	4.13	4.98	4.4	3.79	4.51	4.77	5.83	5.53	5.01	4.91	9.22	4.33	5.09	3.89	3.57	3.35	3.33	3.64	3.25	1.22	3.62	3.71		
FeO	5.81	4.51	4.42	7.61	4.39	8.47	2.5	7.01	4.99	6.94	6.77	4.19	7.39	7.81	6.56	6.55	4.91	4.06	2.42	7.69	5.73	4.94		
MnO	0.17	0.16	0.14	0.21	0.15	0.19	0.16	0.22	0.43	0.18	0.22	0.13	0.16	0.19	0.16	0.17	0.11	0.26	0.41	0.13	0.29	0.18		
MgO	7.57	9.01	8.85	6.16	8.96	6.50	6.12	8.97	9.11	9.71	7.85	10.63	9.59	6.98	5.1	4.55	3.40	3.93	3.01	4.81	6.40	7.85		
CaO	9.26	12.93	10.84	11.09	10.47	7.06	19.60	10.67	14.09	8.63	11.02	6.06	10.01	7.00	0.89	1.13	1.02	0.15	1.03	3.95	4.85	3.70		
Na ₂ O	3.62	2.12	3.17	2.3	2.83	3.51	3.15	1.28	2.42	2.6	1.49	2.97	1.78	1.82	3.27	2.51	5.61	0.79	3.46	0.99	3.18	3.37		
K ₂ O	0.15	0.44	0.1	0.69	0.33	0.26	0.09	0.14	1.44	0.05	0.06	0.32	0.13	2.35	3.13	3.18	0.98	3.27	1.78	6.09	1.42	2.6		
P ₂ O ₅	0.23	0.06	0.06	0.12	0.09	0.21	0.07	0.11	0.1	0.18	0.03	0.05	0.33	0.19	0.15	0.19	0.07	0.07	0.08	0.28	0.17	0.15		
CO ₂	0.13	0.04	0.1	0.67	0.1	0.77	7.37	0.36	4.37	0.13	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.17	0.13	0.1	0.17	0.95		
П.п.п.	3.37	2.98	3.37	3.16	3.07	4.54	10.20	4.45	8.25	4.37	4.7	3.07	5.05	4.09	4.8	4.55	3.66	3.75	4.09	4.75	3.61	4.39		
ГМ	0.55	0.52	0.51	0.48	0.44	0.64	0.56	0.61	0.66	0.66	0.85	0.57	0.81	0.65	0.7	0.58	0.55	0.45	0.48	0.61	0.5	0.53		
ТМ	0.12	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.04	0.08	0.06	0.1	0.06	0.04	0.17	0.09	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04		
ЖМ	0.61	0.63	0.57	0.87	0.67	0.8	0.64	0.83	0.65	0.68	0.89	0.47	0.63	0.63	0.43	0.48	0.38	0.41	0.28	0.43	0.56	0.48		
ФМ	0.36	0.39	0.36	0.34	0.35	0.42	0.37	0.47	0.47	0.49	0.59	0.41	0.55	0.4	0.32	0.28	0.21	0.2	0.16	0.28	0.3	0.33		
HKM	0.25	0.18	0.22	0.24	0.25	0.24	0.26	0.1	0.26	0.17	0.09	0.19	0.11	0.24	0.29	0.29	0.31	0.22	0.25	0.36	0.28	0.34		
AM	0.3	0.3	0.31	0.24	0.24	0.33	0.33	0.31	0.38	0.36	0.42	0.37	0.43	0.37	0.46	0.37	0.38	0.31	0.36	0.4	0.3	0.34		
DF(x)	-1.47	-1.82	-1.72	-1.39	-1.54	-0.73	-1.94	-0.45	-1.5	-0.71	-0.59	-0.1	-0.35	-0.3	0.55	0.75	0.57	1.87	0.74	-0.14	-0.37	-0.37		

Примечание. *Данная порода имеет кварц-эпидот-альбит-хлоритовый состав без актинолита.

Note. *These rocks have quartz-epidote-albite-chlorite compositon without actinolite.

Продолжение таблицы 1

Continuation of Table 1

Компо- ненты Спро- нents	Кварц-слюдистые сланцы Quartz-mica shales																					
	IV группа									V группа					VI группа			VII группа				VIII группа
	н-04- 25	н-4-27	н-4-47	н-5-2	н-5-11	н-4-34	н-4-64	н-5-26	н-5-1	н-5-8	н-5-6	н-04- 66	н-04- 43	н-4-49	н-4-41	н-04-6	н-4-7	н-4-32	н-4-48	н-4-26	н-4-60	н-4-54
SiO ₂	59.83	62.92	58.73	59.47	63.55	65.18	61.91	60.74	64.46	66.88	66.9	68.44	71.26	73.6	70.64	73.55	74.83	71.79	76.77	85.87	86.64	93.78
TiO ₂	0.98	1	1.17	1.06	0.86	0.53	0.71	0.77	0.84	0.62	0.61	0.41	0.36	0.8	0.31	0.28	0.17	0.35	0.68	0.25	0.21	0.27
Al ₂ O ₃	14.99	16.93	19.62	17.63	16.48	16.07	15.35	17.14	16.74	15.02	15.32	14.05	12.04	11.4	14.34	14.42	13.47	7.65	7.98	5.78	4.46	2.02
Fe ₂ O ₃	4.43	2.71	5.32	2.35	3.59	3.57	2.77	2.88	2.26	2.1	2.02	1.96	1.39	2.46	1.9	0.45	0.53	2.08	2.92	1.67	1.41	0.77
FeO	4.41	3.44	1.84	4.61	3.57	1.6	2.54	3.11	2.56	2.36	3.49	2.08	2.67	2.13	0.93	1.5	0.84	0.52	1.67	0.39	0.79	0.59
MnO	0.2	0.05	0.2	0.13	0.41	0.02	0.13	0.11	0.05	0.07	0.09	0.06	0.19	0.09	0.09	0.03	0.03	0.01	0.08	0.01	0.07	0.01
MgO	2.81	2.55	2.61	2.85	2.85	3.59	4.80	3.21	2.03	2.00	2.87	3.16	3.40	1.89	1.71	0.96	0.59	1.44	3.17	1.35	2.45	0.50
CaO	1.7	0.88	1.03	2.19	0.34	0.42	2.49	3.12	2.33	2.55	0.86	3.47	1.71	1.97	0.88	0.22	0.49	4.17	2.28	0.46	0.44	0.62
Na ₂ O	2.99	2.54	2.33	2.12	2.44	0.19	4.83	3.49	1.94	2.2	1.61	3.37	2.51	3.6	5.28	4.55	3.12	0.1	2.29	0.21	0.66	0.18
K ₂ O	3.57	1.54	3.57	3.97	2.34	5.97	1.29	2.08	4.01	2.5	3.09	1.02	1.66	0.2	1.94	2.59	5.02	1.56	0.22	1.49	0.88	0.42
P ₂ O ₅	0.56	0.15	0.25	0.05	0.09	0.1	0.14	0.18	0.08	0.1	0.05	0.1	0.1	0.14	0.09	0.14	0.06	3.23	0.12	0.36	0.11	0.023
CO ₂	0.25	0.11	0.1	0.37	0.12	0.1	0.29	0.17	0.17	1.05	0.17	0.13	0.8	0.1	0.25	0.1	0.1	0.26	0.49	0.1	0.1	0.1
П,п.п.	3.53	5.3	3.33	3.58	3.50	2.86	3.04	3.17	2.70	3.61	3.09	1.99	2.81	1.47	1.89	1.32	0.83	7.09	1.82	2.14	1.88	0.72
ГМ	0.42	0.38	0.48	0.43	0.39	0.33	0.35	0.4	0.35	0.3	0.32	0.27	0.23	0.23	0.25	0.23	0.2	0.15	0.17	0.09	0.08	0.04
ТМ	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.02	0.02	0.01	0.05	0.09	0.04	0.05	0.13
ЖМ	0.57	0.35	0.35	0.38	0.44	0.31	0.34	0.34	0.28	0.29	0.35	0.28	0.34	0.38	0.2	0.13	0.1	0.33	0.54	0.34	0.49	0.6
ФМ	0.2	0.14	0.17	0.17	0.16	0.13	0.17	0.15	0.11	0.1	0.13	0.11	0.11	0.09	0.03	0.04	0.03	0.06	0.1	0.04	0.05	0.02
HKM	0.44	0.24	0.3	0.35	0.29	0.38	0.4	0.32	0.36	0.31	0.31	0.31	0.35	0.33	0.47	0.5	0.6	0.22	0.31	0.29	0.35	0.3
AM	0.25	0.27	0.33	0.3	0.26	0.25	0.25	0.28	0.26	0.22	0.23	0.21	0.17	0.15	0.12	0.2	0.18	0.11	0.1	0.07	0.05	0.02
DF(x)	0.3	1.49	0.81	0.49	1.19	1.48	-0.63	-0.13	0.45	0.82	1.19	-0.19	0.77	0.31	-0.69	-0.38	-0.93	3.58	0.94	2.19	2.23	2.44

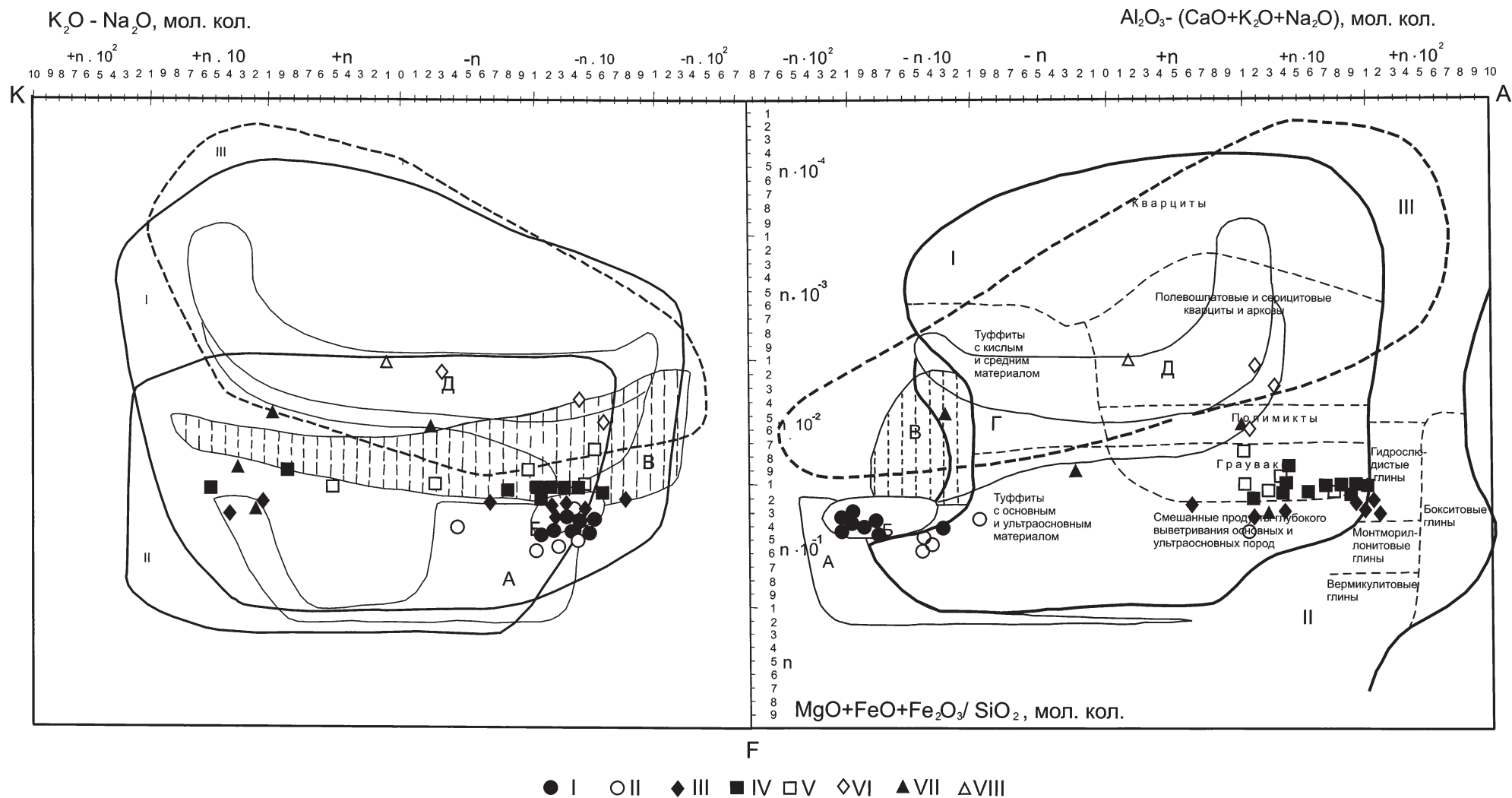


Рис. 2. Распределение точек составов актинолитсодержащих пород (I и II) и кварц-слюдистых сланцев (III–VIII) няровейской серии на диаграмме А. А. Предовского. Поля составов пород: А — ультрабазитов, Б — базитов, В — сиенитов, Г — диоритов, Д — гранитов; I — зернистые осадочные и смешанные породы, II — пелиты, III — хемогенные силициты

Fig. 2. Distribution of points of actinolite rock compositions (I and II) and quartz-mica schists (III–VIII) of nyaroveyskaya series on the diagram by A. A. Predovsky. Rock composition areas: А — ultrabasites, Б — basites, В — syenites, Г — diorites, Д — granites, I — grained sedimentary and mixed rocks, II — pelites, III — chemogenic silicites

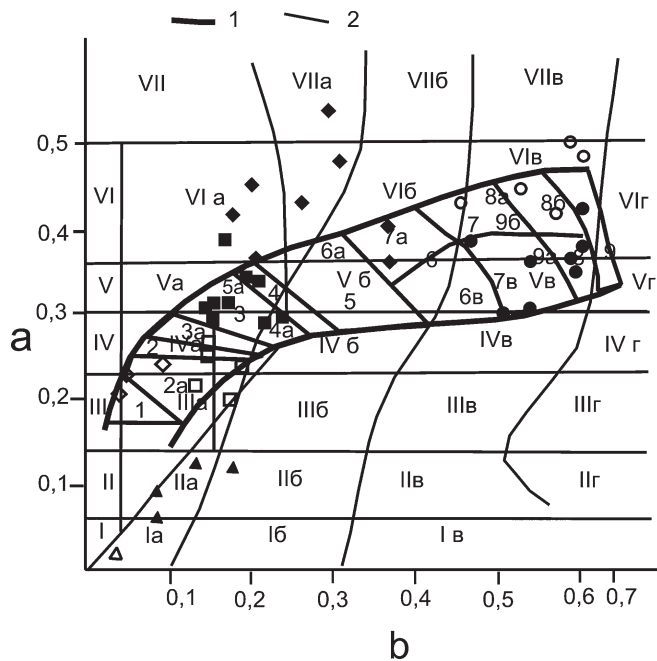


Рис. 3. Распределение точек составов пород няровейской серии на диаграмме **a** ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, ат. кол.) — **b** ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO} + \text{CaO}$, ат. кол.) А. Н. Неелова. Условные обозначения — на рис. 2.

Поля магматических пород (1): 1 — липаритоиды, 2 — липарит-дациттоиды, 2а — трахилипарит-дациты, 3а — трахидациты, 3 — дациттоиды, 4 — андезит-дациттоиды, 4а — трахиандезит-дациты, 5 — андезиттоиды, 5а — трахиандезиты, 6 — андезит-базальтоиды, 6а — трахиандезит-базальты, 6в — толеитовые андезит-базальты, 7 — базальтоиды, 7а — трахибазальты, 7в — толеитовые базальты, 8 — базанит-базальтоиды, 8а — трахибазанит-базальты, 8в — лунные базанит-базальты, 9 — базанитоиды, 9б — трахибазаниты, 9в — щелочные базаниты. Поля осадочных пород (2): I — мономиктовые псаммитолиты, силициты: Iа — слабокарбонатистые, Iб — карбонатистые, Iв — карбонатные; II — олигомиктовые псаммитолиты, силициты: IIа — слабокарбонатистые, IIб — карбонатистые, IIв — карбонатные, IIг — песчаные карбонатолиты; III — кислые туффиты, субсилициты: IIIа — аркозы, IIIб — граувакковые песчаники, туффиты среднего состава, IIIв — карбонатные, IIIг — песчаные карбонатолиты; IV — олигомиктовые алевролиты, кислые туффиты: IVа — полимиктовые алевролиты, IVб — граувакковые алевролиты, аргиллиты, туффиты основного состава, IVв — карбонатные алевролиты, IVг — алевролитовые карбонатолиты; V — Va — алевропелитовые аргиллиты: Vб — карбонатистые, Vв — карбонатные, Vг — мергели; VI — VIа — пелитовые аргиллиты: VIб — карбонатистые, VIв — карбонатные, VIг — мергели, VIIа — гидрослюдистые субсиллиты. Точки составов пород — на рис. 2.

Fig. 3. Distribution of points of rock compositions of nyaroveyskaya series on the diagram **a** ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, atomic ratio) — **b** ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO} + \text{CaO}$, atomic ratio) A. N. Neelova. Legend is in Fig. 2.

Areas of magmatic rocks (1): 1 — liparitoides, 2 — liparite-dacitoides, 2a — trachyliparite-dacites, 3a — trachydacites, 3 — dacitoides, 4 — andesite-dacitoides, 4a — trachyandesite-dacites, 5 — andesitoides, 5a — trachyandesites, 6 — andesite-basalts, 6a — trachyandesite-basalts, 6b — tholeiitic andesite-basalts, 7 — basalts, 7a — trachybasalts, 7b — tholeiitic basalts, 8 — basanite-basalts, 8a — trachybasanite-basalts, 8b — lunar basanite-basalts, 9 — basanitoids, 9b — trachybasanites, 9v — alkaline basanites. Areas of sedimentary rocks (2): I — monomictic psammittolites, silicites: Ia — low carbonaceous, Ib — carbonaceous, Iv — carbonate; II — oligomictic psammittolites, silicites: IIa — low carbonaceous, IIb — carbonaceous, IIv — carbonate, IIg — sandy carbonatolites; III — acid tuffites, subsilicites: IIIa — arkoses, IIIb — graywacke sandstones, tuffites with medium composition, IIIv — carbonate, IIIg — sandy carbonatolites; IV — oligomictic siltstones, acid tuffites: IVa — polymictic aleurolites, IVb — graywacke aleurolites, argillites, tuffites with basic composition, IVv — calcareous aleurolites, IVg — aleurolite carbonatolites; V — Va — aleuropelitic argillites: Vb — carbonaceous, Vv — carbonate, Vg — marls; VI — VIa — pelitic argillites: VIb — carbonaceous, VIv — carbonate, VIg — marls, VIIa — hydromicaceous subsilicites. Rock composition points in Fig. 2.

ний [19]. Исходя из вышеизложенного описания, рассматриваемые сланцы являются метабазальтами.

По химическому составу метабазальты являются толеитовыми натриевыми и калиево-натриевыми низко- и умеренноглиноземистыми породами. На тройных диаграммах Дж. Пирса [20] Zr–Ti–Y и Zr–Ti–Sr точки составов метаморфизованных ортопород располагаются в области низкокальциевых толеитов островных дуг (рис. 4). Содержания в метабазальтах

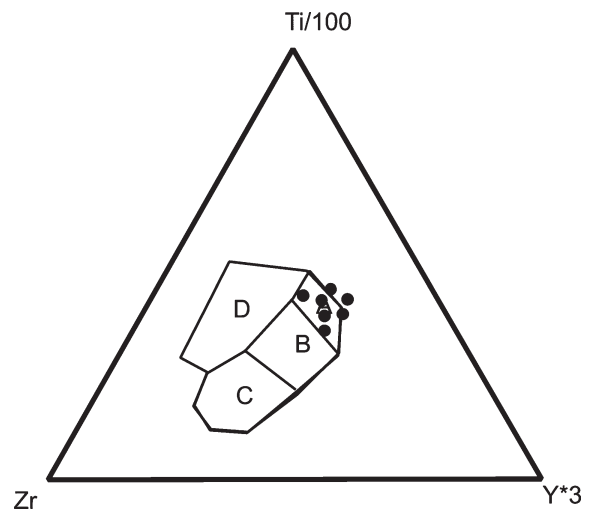


Рис. 4. Распределение точек составов метабазальтов няровейской серии на диаграмме Zr–Ti/100–Y*3 J. A. Pearce. Поля: А и В — низкокальциевые толеиты островных дуг, В — базальты дна океана, В и С — известково-щелочные базальты островных дуг, D — внутриплитные базальты

Fig. 4. Distribution of points of metabasalts compositions of nyaroveyskaya series on diagram Zr–Ti/100–Y*3 J. A. Pearce. Areas: A and B — low-potassium tholeiites of island arcs, B — basalts of ocean floor, B and C — calc-alkaline basalts of island arcs, D — intraplate basalts

тах редких элементов (табл. 2) — Ba (14–472 ppm), Cr (54–285 ppm), Ni (42–134 ppm), Sr (121–210 ppm), La (0.8–7 ppm), Ce (8–25 ppm), Nd (10–19 ppm), Zr (24–64 ppm) и Nb (1.6–2 ppm) указывают на то, что они схожи как с океаническими базальтами, так и с низкокальциевыми толеитовыми образованиями островных дуг [17].

Содержание кремнезема во II группе пород варьируется от 40.41 до 47.32 %. Эти породы по сравнению с метабазальтами имеют повышенные содержания глинозема, оксида титана и в некоторых случаях оксида калия. По диаграмме А. А. Предовского они диагностируются как туффиты с основным и ультраосновным материалом (рис. 2). Согласно диаграмме А. Н. Неелова, они схожи с карбонатными аргиллитами и базальтами (рис. 3). Породы относятся к псевдогипогидролизатам. Высокие значения ГМ (0.57–0.81), ТМ (0.04–0.17), ФМ (0.4–0.59), ЖМ (0.47–0.89) и низкие — НКМ (0.09–0.19) указывают на пирогенную природу данных образований, возможно с некоторым смешением осадочного материала (повышенные содержания глинозема) [19]. Следовательно, рассматриваемые сланцы нами диагностируются как метатифы. Содержания редких элементов в них и в метабазальтах близки, что указывает на их близкий генезис.



Слюдисто-кварцевые сланцы по количеству темноцветных минералов можно разделить на меланократовые (50 % и более), мезократовые (30–50 %) и лейкократовые (менее 30 %) разновидности.

Меланократовые породы представлены альбит-эпидот-мусковит-кварцевыми, альбит-мусковит-хлорит-кварцевыми, альбит-кварц-актинолит-мусковитовыми, биотит-хлорит-эпидот-кварцевыми, мусковит-альбит-биотит-эпидот-хлорит-кварцевыми, кварц-мусковитовыми, эпидот-мусковит-хлорит-кварцевыми, углеродистыми хлорит-мусковит-кварцевыми, кальцит-биотит-хлорит-мусковит-кварцевыми, гранат-альбит-эпидот-хлорит-мусковит-кварцевыми, гранат-хлорит-мусковит-кварцевыми сланцами с полосчатой текстурой, порфиробластовой и лепидогранобластовой структурой и следующими вариациями породообразующих минералов: эпидот (0–20 %), альбит (1–10 %), мусковит (5–40 %), хлорит (0–30 %), актинолит (0–20 %), кварц (20–60 %), биотит (0–10 %) и гранат (0–2 %). Мощность этих сланцев составляет от 0.5 до 6 м. По дискриминантной функции С. Д. Великославинского [1] они обнаруживают сходство с осадочными образованиями, часть точек попадает в область неопределенности.

Среди меланократовых паропород были выделены группа III и группа IV с различным содержанием кремнезема и глинозема.

К группе III относятся породы с содержанием кремнезема от 48.54 до 60.59 %, глинозема от 16.3 до 22.45 %. На диаграмме А. А. Предовского рассматриваемые сланцы занимают область гидрослюдистых глин и продуктов глубокого выветривания основных и ультраосновных пород (рис. 2). Согласно классификации А. Н. Неелова, породы схожи с карбонатистыми и железистыми аргиллитами (рис. 3). Рассматриваемые образования являются псевдогипогидролизатами и псевдонормосиллитами. Высокие значения в породах значений ГМ (0.45–0.61), АМ (0.3–0.46), ЖМ (0.28–0.56) и ФМ (0.16–0.33) также подтверждают пелитовую природу протолита метаморфитов и указывают на существенную примесь туфогенного материала. На диаграмме НКМ – ФМ (рис. 5) точки составов пород попадают в область II, IV и V, из чего можно сделать вывод, что исходный состав метапелитов был хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистый. По сравнению с метабазами и метатифами рассматриваемые образования имеют несколько повышенные содержания La, Ce, Zr и пониженные Sr и Ni (табл. 2). Это, вероятно, указывает на то, что протолитами для них могли являться породы как основного, так и среднего состава.

IV группа пород характеризуется содержанием кремнезема (58.73–65.18 %) и глинозема (14.99–19.62 %). По диаграмме А. А. Предовского изучаемые сланцы близки к грауваккам, а по классификации А. Н. Неелова — к алевропелитовым аргиллитам и граувакковым алевролитам (рис. 2 и 3). Согласно классификации Я. Э. Юдовича [19], они являются нормосиллитами, псевдогипосиллитами и псевдонормосиллитами. Как известно, глинистые породы по сравнению с псаммитами имеют более высокие значения гидролизатного, фемического и алюмокремниевых модулей [19]. Рассматриваемые сланцы характеризуются ГМ (0.33–0.48), ФМ (0.11–0.2) и АМ (0.25–

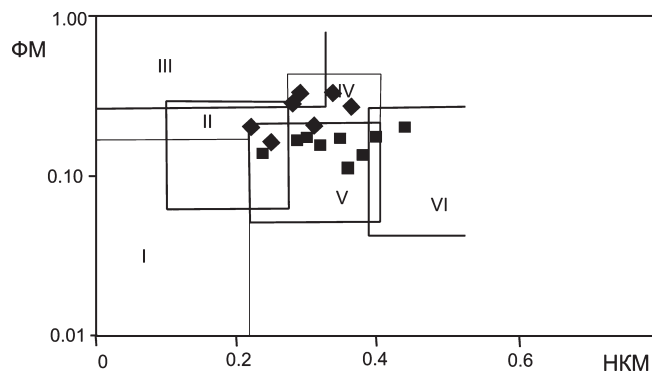


Рис. 5. Распределение точек составов метапелитов няровейской серии на диаграмме ФМ — НКМ [19]. Поля глинистых пород: I — с доминированием каолинита; II — с преобладанием монтмориллонита; III — с доминированием хлорита; IV — с преобладанием гидрослюд и хлорита; V — хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистого состава; VI — гидрослюдистого состава со значительным количеством калиевого полевого шпата. Условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 5. Distribution of points of metapelite compositions of nyaroveyskaya series on diagram [19]. Areas of argillaceous rocks: I — kaolinite dominance; II — montmorillonite dominance; III — chlorite dominance; IV — hydromica and chlorite predominance; V — chlorite-montmorillonite-hydromicaceous composition; VI — hydromicaceous composition with a significant amount of potassium feldspar. Legend see Fig. 2

0.33), что сближает их с глинистыми образованиями. Следовательно, четвертая группа пород представлена также метапелитами. На диаграмме НКМ – ФМ (рис. 5) точки составов пород занимают область глин хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистого состава. По сравнению с метапелитами III группы они имеют более низкие значения ГМ, ЖМ, ФМ, АМ и более высокие НКМ. Содержания редких элементов в обоих видах метапелитов близки. Содержания легких редкоземельных элементов (La, Nd, Ce), а также Zr заметно выше, чем в метабазах, а количество Sr и Ni ниже, что указывает, скорее всего, на формирование глинистых пород за счет разных источников сноса — основных, средних и, возможно, кислых пород. Скорее всего, метапелиты III и IV групп являются водно-осадочными образованиями, нежели элювиальными, и отличаются лишь составом материнских пород.

К мезократовым образованиям относятся кальцит-гранат-мусковит-эпидот-хлорит-кварцевые, гранат-мусковит-хлорит-альбит-кварцевые, хлорит-эпидот-мусковит-кварцевые, эпидот-альбит-хлорит-мусковит-кварцевые, хлорит-биотит-мусковит-альбит-кварцевые и мусковит-альбит-кварцевые сланцы. Мощность слоев составляет 1–9 м. Породообразующие минералы представлены кальцитом (0–3 %), гранатом (0–2 %), эпидотом (0–20 %), мусковитом (10–30 %), хлоритом (0–15 %), альбитом (0–10 %), кварцем (50–70 %), биотитом (0–5 %).

По дискриминантной функции С. Д. Великославинского [1] мезократовые образования схожи с паропородами и попадают в область ортообразований и неопределенности. Метаосадочные образования были объединены в V группу, а породы, схожие с магматитами с низкими содержаниями оксида титана и высоким — щелочей, отнесены к VI группе.

В V группе пород содержания кремнезема изменяется от 66.88 до 73.6 %, глинозема — от 11.4 до

Таблица 2

Содержания редких элементов в породах няровейской серии, ppm

Table 2

Rare element composition in rocks of nyaroveyskaya series, ppm

Элементы	Кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые породы Quartz-epidote-chlorite-actinolite rocks											Слюдисто-кварцевые сланцы Mica-quartz shales												
	I группа							II группа				III группа				IV группа					VII группа			
	н-5-3	н-5-16	н-5-18	н-5-19	н-4-44	н-4-62	н-4-70	н-5-9	н-5-20	н-5-24	н-4-61	н-5-28	н-4-63	н-4-65	н-5-15	н-4-27	н-4-64	н-5-26	н-5-2	н-4-47	н-4-32	н-4-48	н-4-60	
Ba	260	184	287	472	34	14	193	596	215	451	93	253	53	304	254	271	155	468	872	50	270	51	116	
Be	1.2	0.9	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.7	0.3	0.4	0.4	3.1	0.6	0.8	1	1.5	0.5	1.4	5	2	2.3	0.1	0.2	
Co	50	44	42	42	61	40	43	52	46	53	34	35	28	24	23	7	17	19	234	30	1	10	4	
Cr	65	54	285	252	280	275	254	234	420	342	316	98	40	21	93	84	49	38	81	95	111	70	46	
Cu	97	165	23	29	70	94	15	47	17	18	21	119	10	39	2.8	13	19	35	7	-	10	5	19	
Ni	47	42	109	83	134	116	92	95	192	154	73	60	25	22	42	21	30	20	50	62	35	41	8	
Sc	43	38	36	35	41	35	35	39	35	32	42	19	32	28	17	16	19	15	18	21	7	8	5	
Sr	165	179	121	171	136	210	160	178	118	148	200	118	307	122	105	140	94	321	85	90	70	154	12	
V	252	289	221	219	270	262	225	297	204	223	330	108	283	157	95	146	97	108	106	101	270	40	33	
Zn	85	103	57	48	92	90	48	92	77	75	112	110	108	152	98	116	130	84	83	91	83	40	32	
Ce	18	25	-	15	-	8	-	16	9	19	21	48	14	15	101	-	31	43	62	74	14	43	12	
Nd	-	-	-	-	12	19	10	-	-	-	15	23	10	17	33	-	16	19	24	31.6	5	18	4	
La	5	7	0.8	1.9	3	7	1	5	2	4	13	18	4	6	29	4	15	24	24	28	8	21	5	
Y	16	24	13	17	22	24	14	21	12	22	36	20	14	20	26	19	22	21	37	29	18	20	8	
Li	12	18	8	13	15	-	4	19	13	19	13	25	8	15	29	40	-	17	25	16	21	5	-	
Zr	33	36	26	33	30	2	24	54	29	52	117	106	36	60	112	150	68	83	101	110	51	82	16	
Nb	-	1.6	-	-	2	-	-	-	-	3.5	11	5	-	-	11	3	-	2	14	5	3	3	-	
Pb	14	-	-	20	37	-	5	17	22	-	22	-	4	6	-	-	17	19	-	23	10	34	13	



15.32 %. По идентификационной диаграмме А. А. Предовского породы близки к грауваккам, по классификации А. Н. Неелова — к граувакковым и полимиктовым алевролитам (рис. 2 и 3). Рассматриваемые сланцы являются гипосиаллитами, псевдомиосиаллитами, миосиалитами. По сравнению с метапелитами литохимические модули: ГМ (0.23—0.32), ФМ (0.09—0.13), АМ (0.15—0.23) имеют пониженные значения и диагностируют рассматриваемые образования как псаммиты [19], поэтому, возможно, они являются метаморфизованными граувакковыми песчаниками и алевролитами.

VI группа пород характеризуется следующими колебаниями составов: SiO_2 — 70.64—74.83 %, TiO_2 — 0.17—0.31 %, Al_2O_3 — 13.47—14.34 %, CaO — 0.22—0.88 %, $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ — 7.14—8.14 %. По А. А. Предовскому и А. Н. Неелову, точки составов пород попадают в поле пересечения полевошпатовых кварцитов и аркозов с гранитами (рис. 2 и 3). По высокой сумме щелочей (7.14—8.14 %), низким значениям ФМ (0.03—0.04) и ТМ (0.01—0.02) [19], а также наличию в них цирконов, представленных светло-розовыми субидiomорфными кристаллами дипирамидально-призматического габитуса без видимых признаков транспортировки, мы можем охарактеризовать эти породы как метариолиты.

К лейкократовым образованиям отнесены мусковитовые кварциты, часто углеродистые, мусковит-клинозоизит-хлорит-кварцевые, хлорит-мусковит-кварцевые сланцы с содержаниями кварца (70 % и более), мусковита (0—20 %), хлорита (0—15 %), эпидота (0—10 %), с мощностью выходов 2—7 м. Эти породы плотные, с заметной сланцеватой текстурой. В них практически отсутствует плагиоклаз. По содержанию кремнезема эти породы были разделены на VII и VIII группы.

Содержания кремнезема в породах VII группы варьируется от 71.79 до 86.64 %, глинозема — от 4.46 до 7.98 %. По А. А. Предовскому и А. Н. Неелову, точки составов располагаются в области кварцевых и аркозовых песчаников и силицитов (рис. 2 и 3). По значению гидролизатного модуля образования являются нормосилитом, псевдонормосилитом и суперсилитом. Низкая щелочность рассматриваемых сланцев, а также ассоциация с псевдогидролизатами позволяют отнести первые два (н-4-32, н-4-48) к литогенным осадкам — метаморфизованным аркозовым и кварцевым песчаникам. Под вопросом остаются суперсилиты (н-4-26, 60) — углеродистые разновидности сланцев, так как известно, что углеродистое вещество более характерно для кремневых пород. По содержанию редких элементов эти породы близки к метапелитам, отличаются от них лишь более низким количеством Sc.

VIII группа пород имеет содержания кремнезема 93.78 %. По А. А. Предовскому, порода относится к кварцитам и хемогенным осадкам, а по А. Н. Неелову — к кварцевым песчаникам (рис. 2 и 3). По значениям литохимических модулей кварцит является гиперсилитом, а ассоциация с псевдогидролизатами позволяет его считать литогенным образованием — кварцевым песчаником.

Выделенные нами группы пород хорошо обособляются на диаграмме «ГМ — сумма щелочей» (рис. 6). Метабазальты, метатифы и метариолиты образуют отрицательную корреляцию дифференциации

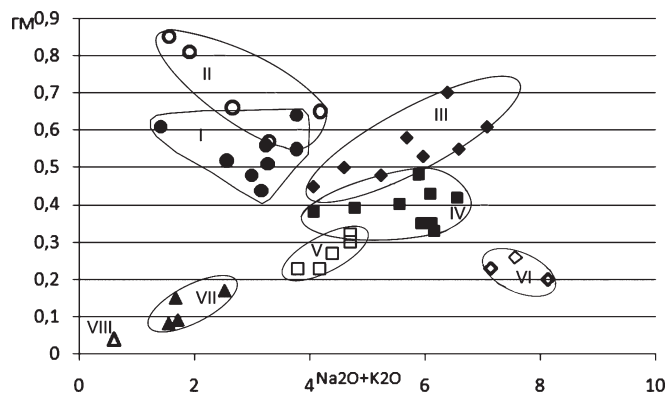


Рис. 6. Распределение точек составов пород няровейской серии на диаграмме ГМ — сумма щелочей [19]. Группы: I — метабазальты, II — метатифы, III — IV — метапелиты, V — метаморфизованные граувакковые песчаники и алевролиты, VI — метариолиты, VII — метаморфизованные аркозовые и кварцевые песчаники, VIII — метаморфизованный кварцевый песчаник

Fig. 6. Distribution of rocks composition points of nyaroveyskaya series on diagram — total of alkali [19]. Groups: I — metabasalts, II — metatuffs, III — IV — metapelites, V — metamorphosed graywacke sandstones and siltstones, VI — metariolites, VII — metamorphosed arkose and quartz sandstones, VIII — metamorphosed quartz sandstone

вещества, что характерно для петрогенных и магматических образований, а метаглины и метапесчаники — положительную, что является признаком рециклизации бывших осадочных и параметаморфических пород [19]. На некоторый разброс точек составов метабазальтов, вероятно, повлияла карбонатизация пород.

Показателем климата служит индекс химического выветривания CIA [5]. Для парапород няровейской серии этот индекс варьирует от 45 до 78, но среднее его значение составляет 58, следовательно, метаосадочные породы няровейской серии сформировались, скорее всего, в умеренной климатической обстановке.

Заклучение

В результате изучения минерального состава пород няровейской серии были выделены актинолитсодержащие и слюисто-кварцевые разновидности образования. Среди слюисто-кварцевых сланцев отмечаются меланократовые, мезократовые и лейкократовые породы. По химическому составу сланцы няровейской серии были разделены на восемь групп пород, различающихся по первичному составу. Среди них выделяются орто- и парапороды. Ортопороды представлены метабазальтами, метатифами и метариолитами. Парапородами являются метапелиты, а также метаморфизованные граувакковые песчаники и алевролиты, аркозовые и кварцевые песчаники. Разнообразие минерального состава метатерригенных пород даже в одной группе связано с разной степенью их метаморфического преобразования.

В целом, учитывая переслаивание метапсаммитов и метапелитов, а также наличие в разрезе метабазальтов с океаническими и с островодужными метками, можно предположить формирование вулканогенно-осадочного материала в няровейское время в окраинно-океанической или в окраинно-морской обстановке в умеренно-климатической зоне.



Авторы выражают благодарность К. С. Нейман за предоставление материалов по объекту исследования, а также А. М. Пыстину за ценные рекомендации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00146 мол_а, а также при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-17.

Литература

1. Великославинский С. Д., Глебовицкий В. А., Крылов Д. П. Разделение силикатных осадочных и магматических пород по содержанию петрогенных элементов с помощью дискриминантного анализа // ДАН. 2013. Т. 453. № 3. С. 310—313.
2. Душин В. А., Сердюкова О. П., Малюгин А. А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Полярно-Уральская. Листы Q-42-I, II. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. 340 с.
3. Душин В. А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.
4. Ленных В. И. Метаморфические комплексы западного склона Урала // Доордовикская история Урала. 6. Метаморфизм. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 3—38.
5. Маслов А. В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
6. Неелов А. Н. Петрохимическая классификация метаморфизованных осадочных и вулканических пород. Л.: Наука, 1980. 100 с.
7. Нейман К. С. Няровейская серия Полярного Урала: геологическое строение, состав, условия формирования // Геология Европейского Севера России. Сыктывкар, 2008. Сб. 6. С. 12—19. (Труды Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 123).
8. Охотников В. Н. Геология рудных образований Полярного Урала. Л.: Наука, 1975. 175 с.
9. Подсосова Л. Л., Пономарев В. А. Полезные ископаемые Полярного Урала и направление дальнейших геологоразведочных работ // Геология и полезные ископаемые Приполярного и Полярного Урала. Тюмень, 1972. С. 184—195. (Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 52).
10. Предовский А. А. Геохимическая реконструкция первичного состава метаморфизованных вулканогенно-осадочных образований докембрия. Апатиты, 1970. 115 с.
11. Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Метаморфизм и гранитообразование в протерозойско-раннепалеозойской истории формирования приполярноуральского сегмента земной коры // Литосфера. 2008. № 6. С. 25—38.
12. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург, 1994.
13. Удоратина О. В. Редкометалльная минерализация Полярного Урала: время формирования // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 11. С. 2—4.
14. Уляшева Н. С. Термодинамическая эволюция метаморфизма пород харбейского комплекса (Полярный Урал) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 9. С. 2—6.
15. Уляшева Н. С. Геохимические особенности метабазитов няровейской серии Харбейского выступа (Полярный Урал) // Вопросы естествознания (Иркутский государственный университет путей сообщения). 2015. № 4. С. 132—134.
16. Уляшева Н. С., Ронкин Ю. Л. Химический состав и геодинамические обстановки формирования протолитов амфиболитов и гранатовых эклогитов марункеуского комплекса (Полярный Урал) // Известия Коми НЦ УрО РАН. Выпуск 1. Сыктывкар, 2014. С. 71—79.
17. Фролова Т. И., Бурикова И. А. Магматические формации современных геотектонических обстановок: Уч. пособие. М.: МГУ, 1997. 320 с.
18. Цимбалюк А. В. Доордовикские и ордовикские отложения северной части Полярного Урала // Геология и полезные ископаемые Приполярного и Полярного Урала. Тюмень, 1972. С. 164—182. (Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 52).
19. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
20. Pearce J. A., Cann J. R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth and Planetary Science Letters, 1973. № 19. P. 290—300.

References

1. Velikoslavinskii S. D., Glebovitskii V. A., Krylov D. P. *Razdelenie silikatnykh osadochnykh i magmaticheskikh porod po sodержaniyu petrogenykh elementov s pomoshchyu diskriminantno-go analiza* (Discrimination of silicate sedimentary and magmatic rocks by content of petrogenous elements with discriminative analysis). DAN, 2013, V.453, No. 3, pp. 310—313.
2. Dushin V. A., Serdyukova O. P., Malyugin A. A. et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:200000* (State geological map of Russian Federation with scale 1:200000). Second edition. Polar Urals. Sheet Q-42-I, II. Explanatory note. Saint-Petersburg, VSEGEI, 2007, 340 pp.
3. Dushin V. A. *Magmatizm i geodinamika paleokontinental-nogo sektora severa Urala* (Magmatism and geodynamics of paleocontinental sector of Northern Urals). Moscow, Nedra, 1997, 213 pp.
4. Lennyy V. I. *Metamorficheskie komplekсы zapadnogo sklona Urala* (Metamorphic complexes of western slope of Urals). *Doordovikskaya istoriya Urala*, 6. *Metamorfizm*. Sverdlovsk, pp. 3—38.
5. Maslov A. V. *Osadochnye porody: metody izucheniya i interpretatsii poluchennykh dannykh* (Sedimentary rocks: methods of study and interpretation of received data). Ekaterinburg, UGGU, 2005, 289 pp.
6. Neelov A. N. *Petrohimicheskaya klassifikatsiya metamorfizovannykh osadochnykh i vulkanicheskikh porod* (Petrochemical classification of metamorphic sedimentary and igneous rocks). Nauka, 1980. 100 pp.
7. Neiman K. S. *Nyaroveiskaya seriya Polyarnogo Urala: geologicheskoe stroenie, sostav, usloviya formirovaniya* (Nyaroveyskaya series of Polar Urals: geological structure, composition, formation conditions). *Geologiya Evropeiskogo severa Rossii*. Syktyvkar, 2008, No. 6, pp. 12—19.
8. Ohotnikov V. N. *Geologiya rudnykh obrazovaniy Polyarnogo Urala* (Geology of ore formations of Polar Urals). Leningrad, Nauka, 1975, 175 pp.
9. Podsova L. L., Ponomarev V. A. *Poleznye iskopaemye Polyarnogo Urala i napravlenie dal'neishih geologorazvedochnykh rabot* (Mineral resources of Polar Urals and trends of geological surveys). *Geologiya i poleznye iskopaemye Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala*. Tyumen, 1972, pp. 184—195.
10. Predovskii A. A. *Geohimicheskaya rekonstruktsiya pervichnogo sostava metamorfizovannykh vulkanogenno-osadochnykh obrazovaniy dokembriya* (Geochemical reconstruction of



primary composition of metamorphized igneous-sedimentary Precambrian units). Apatity, 1970, 115 pp.

11. Pystin A. M., Pystina Yu. I. *Metamorfizm i granitobrazovanie v proterozoisko-rannepaleozoiskoi istorii formirovaniya pripolyarnoural'skogo segmenta zemnoi kory* (Metamorphism and granite formation in Proterozoic-Early Paleozoic history of formation of Subpolar segment of Earth crust). *Litosfera*, 2008, No. 6, pp. 25–38.

12. *Stratigraficheskie shemy Urala (dokembrii, paleozoii)* (Stratigraphic maps of Urals (Precambrian, Paleozoic)). Ekaterinburg, 1994.

13. Udoratina O. V. *Redkometallnaya mineralizatsiya Polyarnogo Urala: vremya formirovaniya* (Rare metal mineralization of Polar Urals: formation time). *Vestnik of Institute of geology*, 2005, No. 11, pp. 2–4.

14. Ulyasheva N. S. *Termodinamicheskaya evolyutsiya metamorfizma porod harbeiskogo kompleksa (Polyarnyi Ural)* (Thermodynamic evolution of metamorphism of rocks of Kharbey complex (Polar Urals)). *Vestnik of Institute of geology*, 2011, No. 9, pp. 2–6.

15. Ulyasheva N. S. *Geohimicheskie osobennosti metabazitov nyaroveiskoi serii Harbeiskogo vystupa (Polyarnyi Ural)* (Geochemical features of metabasites of nyaroveyskaya series of

Kharbey bench (Polar Urals)). *Voprosy estestvoznaniya*, 2015, No. 4, pp. 132–134.

16. Ulyasheva N. S., Ronkin Yu. L. *Himicheskii sostav i geodinamicheskie obstanovki formirovaniya protolitov amfibolitov i granatovykh eklogitov marunkeuskogo kompleksa (Polyarnyi Ural)* (Chemical composition and geodynamic environment of formation of protholites of amphibolites and garnet eclogites of marunkeyusky complex (Polar Urals)). *Izvestiya Komi SC UB RAS*. No. 1, Syktyvkar, 2014, pp. 71–79.

17. Frolova T. I., Burikova I. A. *Magmaticheskie formatsii sovremennykh geotektonicheskikh obstanovok* (Magmatic formations of modern geotectonic environment). Moscow, MSU, 1997, 320 pp.

18. Tsimbalyuk A. V. *Doordovikskie i ordovikskie otlozheniya severnoi chasti Polyarnogo Urala* (Preordovician and Ordovician sediments of northern part of Polar Urals). *Geologiya i poleznye iskopaemye Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala*. Tyumen, 1972, pp. 164–182.

19. Yudovich Ya. E., Ketris M. P. *Osnovy litohimii* (Lithochemistry basics). Saint-Petersburg, Nauka, 2000, 479 pp.

20. Pearce J. A., Cann J. R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 1973, No. 19, pp. 290–300.

СИЛУРИЙСКИЕ ХИТИНОЗОИ РАЗРЕЗА ВАРНА

Р. Р. Якупов

Институт геологии Уфимского НЦ РАН, Уфа
stpal@ufaras.ru

Впервые на восточном склоне Южного Урала из варненской толщи вместе с конодонтами получены хитинозои отличной и хорошей сохранности. Из 51 экземпляра определено и описано 5 видов: *Bursachitina nestorae*, *Eisenackitina lagena*, *Conochitina mathrafelensis*, *Conochitina tuba*, *Sphaerochitina silurica* — и 2 вида описаны в открытой номенклатуре. Данный комплекс хитинозой характерен для позднего лландовери — раннего венлока и совпадает по возрасту с комплексом конодонтов из того же образца.

Ключевые слова: силур, биостратиграфия, хитинозои, восточный склон Южного Урала.

SILURIAN CHITINOZOANS FROM VARNA SECTION

R. R. Yakupov

IRAS IG USC RAS, Ufa
stpal@ufaras.ru

Well-preserved chitinozoans and conodonts were received from Varna formation on the eastern slope of South Urals. We described 5 species from 51 specimens: *Bursachitina nestorae*, *Eisenackitina lagena*, *Conochitina mathrafelensis*, *Conochitina tuba*, *Sphaerochitina silurica* and two taxa were described in open nomenclature. This chitinozoan complex is typical to the late llandovery — early wenlock and correlates with conodont complex from the same sample.

Keywords: Silurian, biostratigraphy, chitinozoan, eastern slope of South Urals.

Введение

Силурийские отложения в районе пос. Варна Восточно-Уральской структурно-фациальной зоны представлены черносланцевой варненской толщей (S_{1-2}) и рифогенными известняками катенинской тол-

щи (S_{1-2}). Наиболее полный разрез варненской толщи вскрыт карьером возле пос. Варна (рис. 1). Варненская толща мощностью 200—300 м, охарактеризована граптолитами лландовериюского яруса нижнего силура [1; 4; 5]. В последние годы были найдены и определены

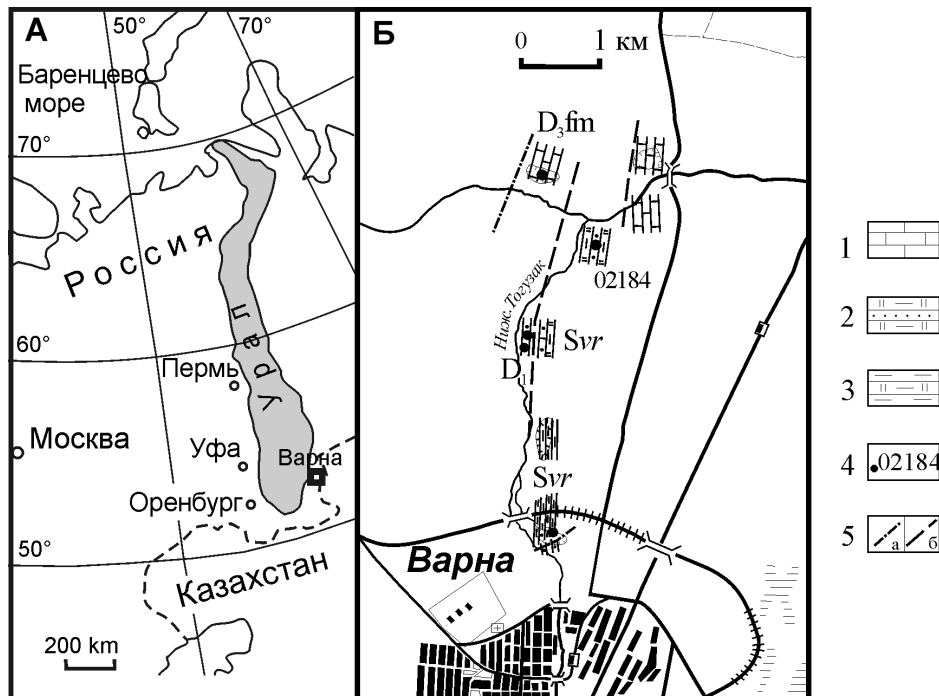


Рис. 1. Местоположение района исследований и геологическая ситуация: А — географическое положение района исследования; Б — геологическая схема участка нижнего течения р. Нижний Тогузак (севернее пос. Варна)

Условные обозначения: 1 — известняки рифогенные; 2 — переслаивание полимиктовых песчаников, кремнисто-глинистых сланцев с известковистыми песчаниками; 3 — кремнисто-глинистые сланцы; 4 — местонахождения фауны; 5 — границы: а — тектонические, б — стратиграфические

Fig. 1. Location of the studied area and geological situation: А — Geographical location of the studied area. Б — Geological map of the lower reaches of the Nizhny Toguzak River (northward from Varna Village)

Legend: 1 — reefogenic limestone; 2 — interbedding of polymictic sandstones, siliceous-clay shales with calcareous sandstones; 3 — siliceous-clay shales; 4 — locations of fauna; 5 — borders: a — tectonic, b — stratigraphic



граптолиты горстийского яруса лудлова верхнего силура [2]. В 4,5 км севернее карьера, в обнажении на правом берегу р. Нижний Тогузак, вскрывается фрагмент черносланцевой варненской толщи с карбонатными прослоями, датированный конодонтами и хитинозой позднего лландовери — раннего венлока [2; 3]. Хитинозой описаны из обр. 01284, в этом же образце определены конодонты зоны *amorphognathoides* позднего лландовери — раннего венлока [2].

Методика выделения и сохранность хитинозой

Хитинозой выделены из обр. 01284 (глинисто-карбонатный песчаник), после растворения на конодонты в 10% муравьиной кислоте. В нерастворимом остатке, при отборе конодонтов под бинокулой были встречены крупные единичные конические хитинозой. Хитинозой отбирались в сухом виде совместно с конодонтами. Изучались под микроскопом при отраженном свете и сфотографированы на СЭМ в ПИН РАН.

Хитинозой объемные, имеют отличную и хорошую сохранность. Единичные экземпляры имеют нарушенный наружный слой. Внутренняя часть выполнена фрамбоидным пиритом, что часто позволяет описывать и давать определения в открытой номенклатуре, так как сохраняются основные диагностические признаки — форма везикулы и ее размеры. Цвет наружной стенки — черный, с металлическим блеском. При небольших увеличениях ($\times 28$ — $\times 120$) хорошо различимы наружные элементы морфологии — форма и размер везикул, крышечка (оперкулум), элементы строения дна, имеющие важное диагностическое значение. Из образца отобран 51 экземпляр хитинозой, большинство принадлежит к роду *Conochitina* sp.

Основные размеры везикул обозначаются латинскими буквами, где L — длина везикулы по длинной оси, D — максимальный диаметр, Da — диаметр апертуры. Измерения проводились на неуплощенных везикулах, поэтому корректирующие коэффициенты не применялись. Описание хитинозой проведено согласно морфологической классификации [23; 24]. Порядок в описании хитинозой определяется выработанным стандартом и общепринят в современных публикациях [19]. Все описанные оригиналы хранятся в Лаборатории стратиграфии палеозоя ИГ УНЦ РАН в г. Уфе (коллекция № 181).

Описание хитинозой

Группа CHITINOZOA Eisenack, 1931
Отряд OPERCULATIFERA Eisenack, 1972
Семейство DESMOCHITINIDAE Eisenack, 1931, emend. Paris, 1981
Подсемейство Desmochitininae Paris, 1981
Род *Bursachitina* Taugourdeau, 1966 restrict. Paris, 1981
Типовой вид *Desmochitina bursa* Taugourdeau and de Jekhowsky, 1960 p.1225, (голотип утерян, неотип: Taugourdeau, 1967, p.259, pl.1, fig. 3.)

Bursachitina nestorae Mullins & Loydell, 2001
(Табл., фиг. 24)

2001. *Bursachitina nestorae* Mullins&Loydell, p. 736, pl. 1, fig. 6—8

2006. *Bursachitina nestorae* Mullins&Loydell: Hints, Killing, Männik, Nestor: p.136, pl. 1, fig. 2

Материал: 1 экз. отличной сохранности.

Размеры: L = 214, D = 110, Da = 58.

Описание: вид с цилиндрикооидной камерой. Поверхность везикулы гладкая. Базальный край выделяется, закруглен. Дно плоское, небольшой мукрон. Шейка не выделяется. Оперкулум дисковидный, слегка выступает.

Сравнение: *Bursachitina nestorae* Mullins&Loydell имеет характерный овоидный облик с выделением шейки и дисковидный оперкулум, что отличает ее от представителей рода *Conochitina*. От сходного по форме вида *Eisenackitina lagena* отличается узкой апертурой и отсутствием поверхностной ornamentации.

Распространение: варненская толща обр. 01284 — поздний лландовери — ранний венлок нижнего силура, восточный склон Южного Урала.

Биозоны *spiralis* — *lapworthi* венлок разреза Banwy River Уэльс [19]; Формация Velise поздний лландовери скв. Paatsalu-527, Эстония [15].

Подсемейство *Eisenackitinae* Paris, 1981

Род *Eisenackitina* Jansonius, 1964 restrict. Paris, 1981

Типовой вид *Eisenackitina castor* Jansonius, 1964 pp. 912—913

Eisenackitina lagena (Eisenack, 1968)

(Табл., фиг. 22, 23)

1968. *Conochitina lagena* Eisenack, Eisenack p. 165, Taf. 26, fig. 1, 2 (только), Taf. 29, fig. 22

2007. *Eisenackitina lagena* (Eisenack): Nestor, p. 122, fig. 11: F-H

Материал: 1 экз. хорошей сохранности.

Размеры: L = 227, D = 118, Da = 78.

Описание: вид *Eisenackitina* с овоидной камерой. Базальный край округлен. На дне глинистое вещество, оставшееся после растворения (см. таблицу, фиг. 23). Поверхность везикулы слабо орнаментирована мелкими бугорками. Шейка отсутствует, камера расширяется к апертуре, небольшой воротничок.

Сравнение: находится на внешней границе поля значений размеров *Eisenackitina lagena* (Eisenack, 1968). От сходной по форме *Desmochitina minor* Eisenack отличается большими размерами и ornamentацией поверхности.

Распространение: варненская толща обр. 01284 — поздний лландовери — ранний венлок нижнего силура, восточный склон Южного Урала.

Горстийский ярус лудлова, Восточная Прибалтика, скв. Gussev-1 [21].

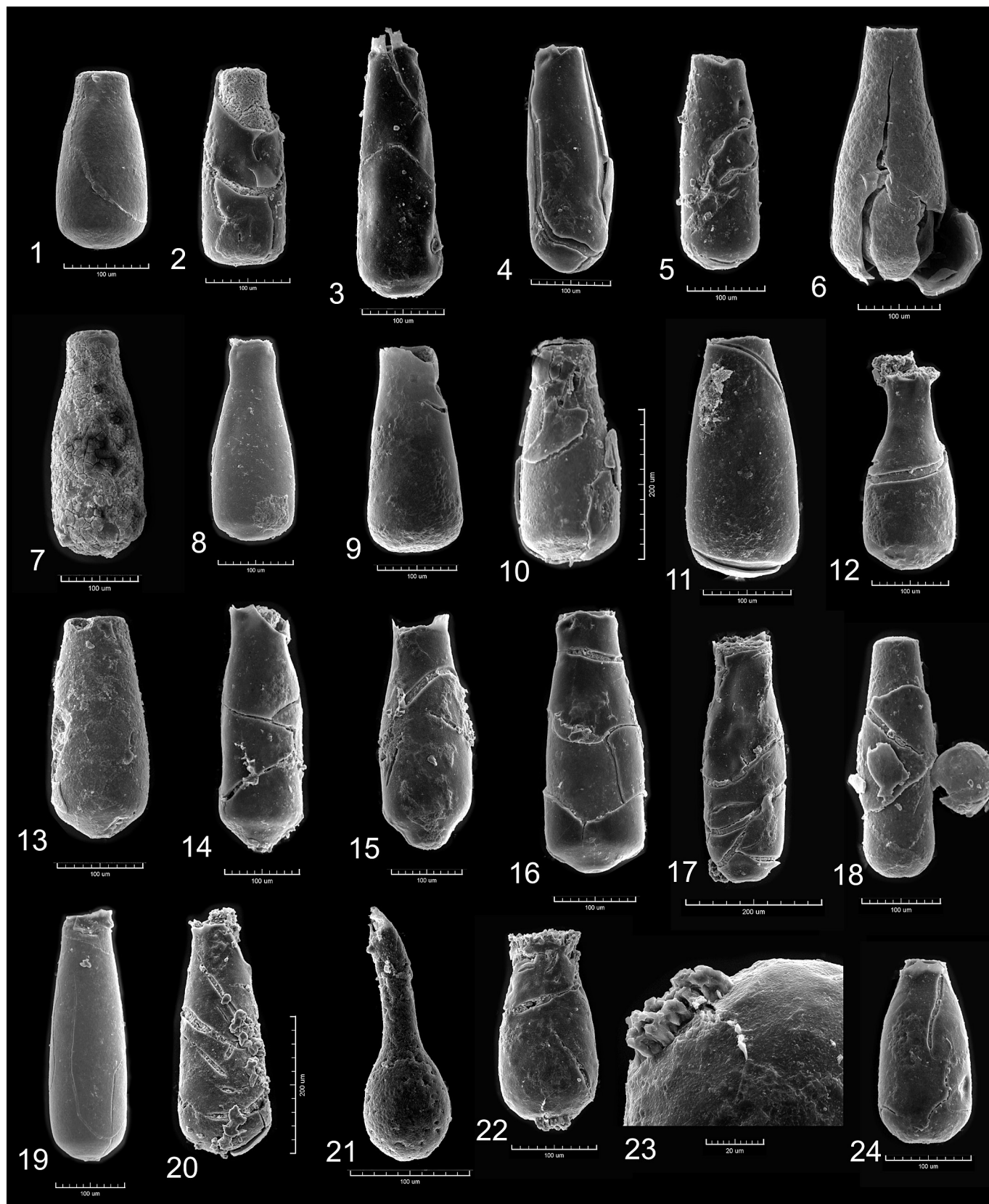
Отряд PROSOMATIFERA Eisenack, 1972

Семейство CONOCHITINIDAE Eisenack, 1931, emend. Paris, 1981

Подсемейство *Conochitininae* Paris, 1981

Род *Conochitina* Eisenack, 1931 emend. Paris, Grahn, Nestor et Lakova, 1999

Типовой вид *Conochitina claviformis* Eisenack, 1931 p. 84, Taf. 1 fig. 17 (голотип утерян, неотип: Eisenack, 1968, p. 159, Taf. 25, fig. 5.)





Подписи к фототаблице

Хитинозои из варненской толщи. На правом берегу против устья р. Ср.Тогузак, обр. 01284.

Изображенные экземпляры хитинозой хранятся в Лаборатории стратиграфии палеозоя Института геологии Уфимского научного центра РАН в г. Уфе (коллекция № 181). Выполнены на СЭМ (ПИН РАН).

Фиг. 1, 2 — *Conochitina tuba* Eisenack, 1932. 1 — экз. 01284-35 объемная везикула (×200); 2 — экз. 01284-36 объемная везикула (×200)

Фиг. 3—5 — *Conochitina* aff. *tuba* Eisenack, 1932. 3 — экз. 01284-09 объемная везикула (×250); 4 — экз. 01284-10 объемная везикула (×250); 5 — экз. 01284-30 объемная везикула (×250)

Фиг. 6—8 — *Conochitina* sp. A. 6 — экз. 01284-06 объемная везикула (×250); 7 — экз. 01284-16 объемная везикула (×250); 8 — экз. 01284-27 объемная везикула (×250)

Фиг. 9—11 — *Conochitina emmastensis* Nestor, 1982. 9 — экз. 01284-13 объемная везикула (×250); 10 — экз. 01284-28 объемная везикула (×200); 11 — экз. 01284-22 объемная везикула (×250)

Фиг. 12 — *Lagenochitina* sp. экз. 01284-29 объемная везикула (×250)

Фиг. 13—16 — *Conochitina* cf. *acuminata* Eisenack, 1959. 13 — экз. 01284-15 объемная везикула (×250); 14 — экз. 01284-26 объемная везикула (×200); 15 — экз. 01284-25 объемная везикула (×250); 16 — экз. 01284-24 объемная везикула (×250);

Фиг. 17—19 — *Conochitina mathrafelensis* Mullins & Loydell, 2001. 17 — экз. 01284-19 объемная везикула отличной сохранности (×200); 18 — экз. 01284-17 объемная везикула (×250); 19 — экз. 01284-23 объемная везикула (×200);

Фиг. 20 — *Conochitina* sp. экз. 01284-33 объемная везикула (×250).

Фиг. 21 *Sphaerochitina silurica* Grahn, Pereira & Bergamaschi, 2000 — экз. 01284-12 объемная везикула (×300)

Фиг. 22—23 — *Eisenackitina lagena* (Eisenack, 1968). 22 — экз. 01284-18 объемная везикула (×250); 23 — абораляная часть экз. 01284-18 видимость мукрона создают глинистые частицы (×750)

Фиг. 24 — *Bursachitina nestorae* Mullins & Loydell, 2001 — экз. 01284-21 объемная везикула (×300)

Phototable captions

Chitinozoids from Varna formation. On right bank opposite to mouth of the Sredny Toguzak river, sample 01284.

These specimens of chitinozoids are kept in Laboratory of Paleozoic stratigraphy of Institute of Geology of Ufa science center RAS in Ufa city (collection 181) SEM.

Fig. 1, 2 — *Conochitina tuba* Eisenack, 1932. 1 — sample 01284-35 (×200); 2 — sample 01284-36 (×200)

Fig. 3—5 — *Conochitina* aff. *tuba* Eisenack, 1932. 3 — sample 01284-09 (×250); 4 — sample 01284-10 (×250); 5 — sample 01284-30 (×250)

Fig. 6—8 — *Conochitina* sp. A. 6 — sample 01284-06 (×250); 7 — sample 01284-16 (×250); 8 — sample 01284-27 (×250)

Fig. 9—11 — *Conochitina emmastensis* Nestor, 1982. 9 — sample 01284-13 (×250); 10 — sample 01284-28 (×200); 11 — sample 01284-22 (×250)

Fig. 12 — *Lagenochitina* sp. sample 01284-29 (×250)

Fig. 13—16 — *Conochitina* cf. *acuminata* Eisenack, 1959. 13 — sample 01284-15 (×250); 14 — sample 01284-26 (×200); 15 — sample 01284-25 (×250); 16 — sample 01284-24 (×250);

Fig. 17—19 — *Conochitina mathrafelensis* Mullins & Loydell, 2001. 17 — sample 01284-19 with good preservation (×200); 18 — sample 01284-17 (×250); 19 — sample 01284-23 (×200);

Fig. 20 — *Conochitina* sp. sample 01284-33 (×250)

Fig. 21 *Sphaerochitina silurica* Grahn, Pereira & Bergamaschi, 2000 — sample 01284-12 (×300)

Fig. 22—23 — *Eisenackitina lagena* (Eisenack, 1968). 22 — sample 01284-18 (×250); 23 — aporal part sample 01284-18 mucron-like image made by clay particiles (×750)

Fig. 24 — *Bursachitina nestorae* Mullins & Loydell, 2001 — sample 01284-21 (×300)

Conochitina cf. *acuminata* Eisenack, 1959
(Табл., фиг 13—16)

cf. 1959. *Conochitina acuminata* Eisenack, p. 6, pl. 3, fig. 10—11

cf. 1968. *Conochitina acuminata* Eisenack, Eisenack p. 159, pl. 25, fig. 12—14 (только)

cf. 2001. *Conochitina acuminata* Eisenack: Mullis & Loydell, p. 748, pl. 6, fig. 11—13

Материал: 4 экз. хорошей сохранности.

Размеры: L = 259—329, D = 114—133, Da = 76—79.

Описание: вид с цилиндроконической камерой. Поверхность везикул гладкая. Базальный край выделяется, закруглен. Дно вытянутое до конической формы, по центру мукрон.

Сравнение: От материала из обр. 01284 *Conochitina acuminata* Eisenack, 1959 отличается пропорциями и меньшими размерами. Превышение диаметра у описанных экземпляров из обр. 01284 в среднем составляет 30 %. Длина везикул не выходит за пределы *Conochitina acuminata* Eisenack sensu Nestor [22], максимальный диаметр также превышает его значения (рис. 2).

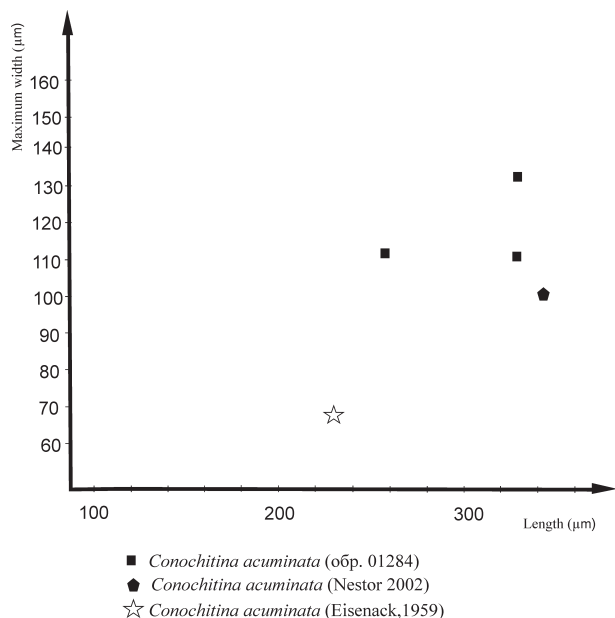


Рис. 2. Вариации размеров хитинозой *Conochitina acuminata* из обр. 01284 в сравнении с голотипом (*Conochitina acuminata* Eisenack, 1959) и *Conochitina acuminata* Eisenack sensu Nestor [22]

Fig. 2. Variations of sizes of chitinozoan *Conochitina acuminata* из обр. 01284 compared to holotype (*Conochitina acuminata* Eisenack, 1959) and *Conochitina acuminata* Eisenack sensu Nestor [22]

Распространение: варненская толща обр. 01284 — поздний лландовери — ранний венлок нижнего силура, восточный склон Южного Урала.

Формации Visby — Höglint Готланда [10; 12]; Нижняя часть биозоны lapworthi — верхняя часть insectus венлокского яруса нижнего силура разреза Banwy River, Уэльс [19].

Conochitina mathrafelensis Mullis & Loydell, 2001
(Табл., фиг. 17—19)

2001. *Conochitina mathrafelensis* Mullis & Loydell, p. 754, pl. 8, fig. 7—10

Материал: 4 экз. хорошей сохранности.

Размеры: L = 306—358, D = 91—122, Da = 61—83.

Описание: вид с цилиндровооидной камерой.

Поверхность везикул гладкая. Дно выпуклое с утолщением, небольшим мукроном диаметром до 10 мкм. Базальный край выражен, закруглен. Флексура не читается у большинства везикул, цилиндрическая шейка без расширения к апертуре.

Сравнение: Удлиненная шейка и наличие невыраженной флексуры отличает этот вид от *Conochitina praeproboscifera* Nestor, 1994. *Conochitina claviformis* Eisenack, 1931 отличается пропорциями и меньшими размерами. От *Belonechitina meifodensis* Mullins & Loydell 2001 отличается отсутствием орнаментации на поверхности везикулы. В целом область значений размеров расширяет область значений, указанную Mullins [19], но этот разброс составляет менее 10 % (рис. 3).

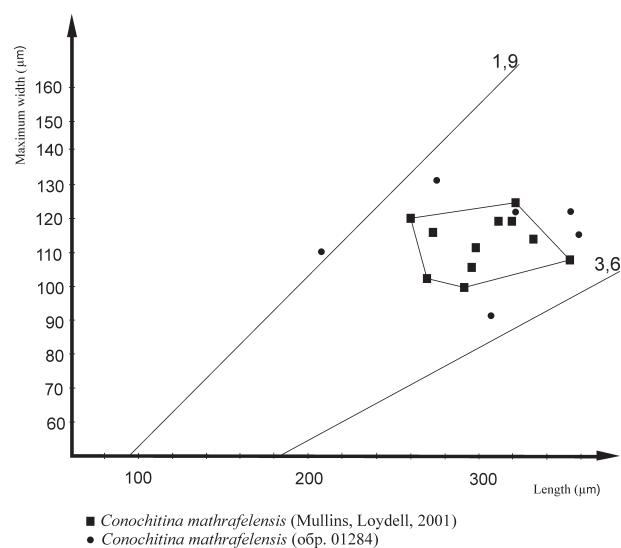


Рис. 3. Вариации размеров хитинозой *Conochitina mathrafelensis* из обр. 01284 в сравнении с Mullins, Loydell [22]

Fig. 3. Variations of sizes of chitinozoan *Conochitina mathrafelensis* из обр. 01284 compared with Mullins, Loydell [22]

Распространение: варненская толща обр. 01284 — поздний лландовери — ранний венлок нижнего силура.

Средняя часть биозоны spiralis венлок разреза Banwy River, Уэльс [19].

Conochitina tuba Eisenack, 1932
(Табл., фиг. 1, 2)

1932. *Conochitina tuba* Eisenack: p. 271, fig. 12: 8—10
1962. *Conochitina tuba* Eisenack: p. 294, pl. 14 fig. 13
1974. *Conochitina tuba* Eisenack: Laufeld: p. 72, fig. 36

Материал: 2 экз. хорошей сохранности, 2 — удовлетворительной.

Размеры: L = 235—287, D = 101—107, Da = 59—67.

Описание: вид с конической или цилиндроконической камерой. Поверхность везикул без орнаментации. Дно выпуклое с плоским основанием, ограниченным базальным шрамом диаметром до 40 мкм.

Сравнение: от сходного по форме вида *Conochitina claviformis* Eisenack, 1931 отличается пропорциями и меньшими размерами. От представителей *Conochitina claviformis* Eisenack sensu Nestor [20]: figs 20/3-4 отли-



чается меньшей длиной. От *Belonechitina meifodensis* Mullins & Loydell 2001 отличается отсутствием орнаментации на поверхности везикулы. Сравнение соотношений максимальной длины везикулы к ее ширине показывает сохранение пропорций от 1,9 до 3,6 (рис. 4). Относительные размеры некоторых везикул из обр. 01284 (см. таблицу, фиг 3—5) попадают в поле значений *Conochitina* aff. *tuba* Eisenack, 1959. Они обозначены черными звездочками и определены так же, хотя можно предположить, что это более крупный подвид данного вида.

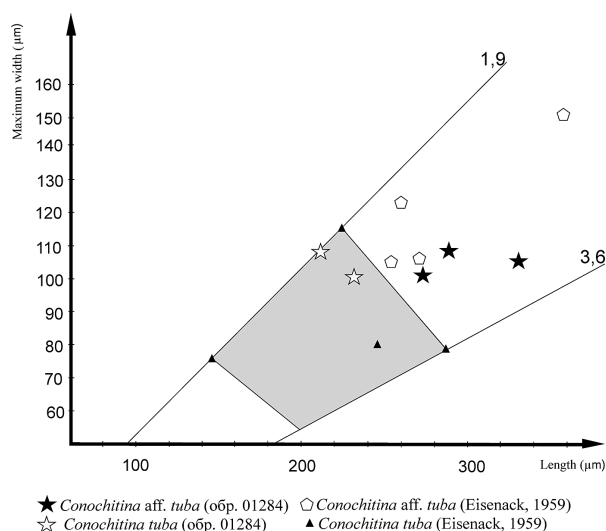


Рис. 4. Вариации размеров хитинозой *Conochitina tuba* Eisenack и *Conochitina* aff. *tuba* Eisenack из обр. 01284 в сравнении с хитинозой *Conochitina tuba* Eisenack [10]

Fig. 4. Variations of sizes of chitinozoan *Conochitina tuba* Eisenack and *Conochitina* aff. *tuba* Eisenack from sample 01284 compared with *Conochitina tuba* Eisenack [10]

Распространение: варненская толща обр. 01284 — поздний лландовери — ранний венлок нижнего силура, восточный склон Южного Урала.

Средний Jaani — Rootsikula горизонты венлока Латвии скв. Kolka-54 [18]; Горстийский ярус лудлова, Восточная Прибалтика, скв. Gussev-1 [22].

Conochitina sp.A
(Табл., фиг. 6—8)

Материал: 3 экз. хорошей сохранности, 3 — удовлетворительной.

Размеры: L = 260—351, D = 121—139, Da = 68—73.

Описание: вид с булавоподобной или цилиндрической камерой. Поверхность везикул гладкая. Базальный край округлый. Дно выпуклое с плоским основанием, виден небольшой мукрон до 5 мкм. Шейка цилиндрическая, сужающаяся к апертуре, с небольшим воротничком (фиг. 6).

Сравнение: от сходного по форме вида *Conochitina emmastensis* Nestor, 1982 отличается более цилиндрической камерой и выпуклым дном, от *Conochitina tuba* Eisenack, 1932 пропорциями — длина больше при меньшем максимальном диаметре.

Распространение: варненская толща обр. 01284 — поздний лландовери — ранний венлок нижнего силура, восточный склон Южного Урала.

Семейство *LAGENOCHITINIDAE* Eisenack, 1931, emend. Paris, 1981

Подсемейство *Lagenochitinininae* Paris, 1981

Род *Sphaerochitina* Eisenack, 1955 emend. Paris, Grahn, Nestor et Lakova, 1999

Типовой вид *Sphaerochitina sphaerocephala* (Eisenack, 1932) p.271, Taf. 12, fig. 14 (голотип утерян, неотип: Eisenack, 1955, p.162, Taf. 1, fig. 6.)

Sphaerochitina silurica Grahn, Pereira, Bergamashi, 2000

(Табл., фиг. 21)

2000. *Sphaerochitina silurica* Grahn, Pereira, Bergamashi, p.162, pl. 3, fig. 3, 11

Материал: 1 экз. хорошей сохранности.

Размеры: L = 213, D = 74, Da = 28.

Описание: вид *Sphaerochitina* со сферической камерой и цилиндрической шейкой. Длина шейки чуть больше половины от общей длины везикулы. Поверхность везикулы гладкая с перфорацией. Шейка цилиндрическая, расширяющаяся к апертуре.

Сравнение: от сходного по форме вида *Sphaerochitina sphaerocephala* (Eisenack, 1932) [8] отличается пропорциями — большими размерами по длине при сопоставимых диаметрах шейки и камеры.

Распространение: варненская толща обр. 01284 — поздний лландовери — ранний венлок нижнего силура, восточный склон Южного Урала.

Аэронский ярус лландовери нижнего силура, Parana Basine Бразилии и Парагвая [14].

Заключение

Впервые на восточном склоне Южного Урала из карбонатных пород одновременно с выделением конodontов получены объемные хитинозои отличной и хорошей сохранности. Комплекс бедный, представлен: *Bursachitina nestorae*, *Eisenackitina lagena*, *Conochitina emmastensis*, *Conochitina mathrafelensis*, *Conochitina proboscifera*, *Conochitina tuba*, *Sphaerochitina silurica*. Возраст комплекса — поздний лландовери — ранний венлок нижнего силура.

Литература

1. Анцыгин Н. Я. К стратиграфии ордовика на восточном склоне Урала // Проблемы геологии докембрия и нижнего палеозоя Урала. М., 1985. С. 68—86.
2. Артюшкова О. В., Суяркова А. А., Мавринская Т. М., Якупов Р. Р. О возрасте черносланцевой варненской толщи в стратотипической местности // Геологический сборник № 9 / ИГ УНЦ РАН. Уфа, 2011. С. 27—31.
3. Бикбаев А. З., Иванов К. С., Снигирева М. П. К стратиграфии кремнистых толщ силура Восточно-Уральской структурно-фациальной зоны // Палеогеография венда — раннего палеозоя Северной Евразии. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 1998. С. 89—97.
4. Иванов К. С., Пучков В. Н., Пелевин И. А. Новые данные по стратиграфии и истории развития палеозойских восточных зон Южного Урала // Новые данные по стратиграфии и литологии палеозоя Урала и Средней Азии. Екатеринбург: Наука, 1992. С. 3—10.



5. Коротеев В. А., Дианова Т. В., Кабанова Л. Я. Среднепалеозойский вулканизм восточной зоны Урала. М.: Наука, 1979. 132 с.
6. Нестор В. Новые хитинозои рода *Conochitina* из венлока Эстонии // Труды Академии наук Эстонской ССР. Геология, 31, 3. 1982. С. 105—111.
7. Eisenack A. Neue Mikrofossilien des baltischen Silurs. I. // *Palaontologische Zeitschrift*, 13. 1931. P. 74—118.
8. Eisenack A. Neue Mikrofossilien des baltischen Silurs. II. // *Palaontologische Zeitschrift*, 14. 1932. P. 257—277.
9. Eisenack A. Neue Chitinozoen aus dem Silur des Baltikums und dem Devon der Eifel // *Senckenbergiana lethaea*, 36. 1955. P. 311—319.
10. Eisenack A. Neotypen baltischer Silur-Chitinozoen und neue Arten // *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 108. 1959. P. 1—20.
11. Eisenack A. Neotypen baltischer Silur-Chitinozoen und neue Arten // *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 114. 1962. P. 291—316.
12. Eisenack A. Über Chitinozoen des Baltischen Gebietes // *Palaontographica A*, 131. 1968. P. 137—198.
13. Eisenack A. Chitinozoen und andere mikrofossilien aus der Bohrung Leba, Pommern // *Palaontographica, Abteilung A*, 139. 1972. P. 64—87.
14. Grahn Y., Pereira E., Bergamashi S. Silurian and lower devonian chitinozoan biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay // *Palynology*, 24, 2000. P. 147—176.
15. Hints O., Killing M., Männik P., Nestor V. Frequency patterns of chitinozoans, scolecodonts, and conodonts in the upper Llandovery and lower Wenlock of the Paatsalu core, western Estonia // *Proceedings of the Estonian Academy of Science, Geology*, 55, 2, 2006. P. 128—155.
16. Jansonius J. Morphology and classification of some Chitinozoa // *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 12. 1964. P. 901—918.
17. Laufeld S. Silurian Chitinozoa from Gotland // *Fossils and Strata*, 5. 1974. P. 1—130.
18. Loydell D. K., Nestor V., Мднник P. Integrated biostratigraphy of the lower Silurian of the Kolka—54 core, Latvia // *Geological Magazine* 147 (2). 2010. P. 253—280.
19. Mullins G. L., Loydell D. K. Integrated Silurian chitinozoan and graptolite biostratigraphy of the Banwy River section, Wales // *Palaontology*, Vol. 44, Part 4, 2001. P. 731—781.
20. Nestor V. Early Silurian chitinozoans of Estonia and north Latvia // *Academia* 4, 1994. P. 1—163.
21. Nestor V. Einasto, R. & Loydell, K. D. Chitinozoan biostratigraphy and lithological characteristics of the Lower and Upper Visby boundary beds in the Ireviken 3 section, Northwest Gotland // *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*. 51 (4). 2002. P. 215—226.
22. Nestor V. Chitinozoans in the Wenlock-Ludlow boundary beds of the East Baltic // *Estonian Journal of Earth Sciences*, 56, 2, 2007. P. 109—128.
23. Paris F. Les Chitinozoaires dans le Paléozoïque du sud-ouest de l'Europe (Cadre géologique — étude systématique — biostratigraphie). Mémoire de la Société géologique et minéralogique de Bretagne, 26. 1981. 496 p.
24. Paris F., Grahn Y., Nestor V. et Lakova I. A revised chitinozoan classification // *Journal of Paleontology*, 73, 4. 1999. P. 549—570.
25. Taugourdeau P. and de Jekhowsky Répartition et description des chitinozoaires Siluro-Dévonien de quelques sondages de la C. R. E. P. S., de la C. F. P. A. et de la S. N. repel au Sahara // *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 15. 1960. P. 1199—1260.
26. Taugourdeau P. Néotypes de chitinozoaires // *Revue de Micropaléontologie*, 9. 1967. P. 258—264.

References

1. Antsygin N. Ya. *K stratigrafii ordovika na vostochnom sklone Urala* (Ordovician stratigraphy on eastern slope of South Urals). *Problemy geologii dokembriya i nizhnego paleozoya Urala*. Moscow, 1985, pp. 68—86.
2. Artyushkova O. V., Suyarkova A. A., Mavrinskaya T. M., Yakupov R. R. *O vozraste chernoslantsevoi varnenskoi tolschi v stratotipicheskoi mestnosti* (Age of black shales Famemian strata in stratotypical area). *Geologicheskii sbornik* № 9. 2011, pp. 27—31.
3. Bikbaev A. Z., Ivanov K. S., Snigireva M. P. *K stratigrafii kremnistykh tolsch silura Vostochno-Uralskoi strukturno-fatsialnoi zony* (Stratigraphy of silica Silurian strata of East-Ural structural facial zone). *Paleogeografiya vendy — rannego paleozoya Severnoi Evrazii*. Ekaterinburg, IIG UrO RAN, 1998, pp. 89—97.
4. Ivanov K. S., Puchkov V. N., Pelevin I. A. *Novye dannye po stratigrafii i istorii razvitiya paleozoid vostochnykh zon Yuzhnogo Urala* (New data on stratigraphy and history of development of paleozoids of eastern zones of South Urals). *Novye dannye po stratigrafii i litologii paleozoya Urala i Srednei Azii*. Ekaterinburg, Nauka, 1992, pp. 3—10.
5. Korotееv V. A., Dianova T. V., Kabanova L. Ya. *Srednepaleozoiskii vulkanizm Vostochnoi zony Urala*. (Middle Paleozoic volcanism of Eastern zone of Urals). Moscow, Nauka, 1979, 132 pp.
6. Nestor V. *Novye hitinozoi roda Conochitina iz venloka Estonii* (New chitinozoids *Conochitina* from Estonian Wenlockian rocks). *Trudy akademii nauk Estonskoi SSR. Geologiya*, 31, 3, 1982, pp. 105—111.
7. Eisenack A. Neue Mikrofossilien des baltischen Silurs. I. *Palaontologische Zeitschrift*, 13. 1931, pp. 74—118.
8. Eisenack A. Neue Mikrofossilien des baltischen Silurs. II. *Palaontologische Zeitschrift*, 14. 1932, pp. 257—277.
9. Eisenack A. Neue Chitinozoen aus dem Silur des Baltikums und dem Devon der Eifel *Senckenbergiana lethaea*, 36, 1955, pp. 311—319.
10. Eisenack A. Neotypen baltischer Silur-Chitinozoen und neue Arten. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 108. 1959, pp. 1—20.
11. Eisenack A. Neotypen baltischer Silur-Chitinozoen und neue Arten. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 114, 1962, pp. 291—316.
12. Eisenack A. Über Chitinozoen des Baltischen Gebietes. *Palaontographica A*, 131. 1968, pp. 137—198.
13. Eisenack A. Chitinozoen und andere mikrofossilien aus der Bohrung Leba, Pommern *Palaontographica, Abteilung A*, 139. 1972, pp. 64—87.
14. Grahn Y., Pereira E., Bergamashi S. Silurian and lower devonian chitinozoan biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. *Palynology*, 24, 2000, pp. 147—176.
15. Hints O., Killing M., Männik P., Nestor V. Frequency patterns of chitinozoans, scolecodonts, and conodonts in the upper Llandovery and lower Wenlock of the Paatsalu core, western Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Science, Geology*, 55, 2, 2006. pp. 128—155.
16. Jansonius J. Morphology and classification of some Chitinozoa. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 12. 1964, pp. 901—918.
17. Laufeld S. Silurian Chitinozoa from Gotland. *Fossils and Strata*, 5, 1974, pp. 1—130.



18. Loydell D. K., Nestor V., Мднник P. Integrated biostratigraphy of the lower Silurian of the Kolka—54 core, Latvia. *Geological Magazine* 147 (2), 2010, pp. 253—280.
19. Mullins G. L., Loydell D. K. Integrated Silurian chitinozoan and graptolite biostratigraphy of the Banwy River section, Wales. *Palaeontology*, Vol. 44, Part 4, 2001, pp. 731—781.
20. Nestor V. Early Silurian chitinozoans of Estonia and north Latvia. *Academia* 4, 1994. pp. 1—163.
21. Nestor V. Einasto, R. & Loydell, K. D. Chitinozoan biostratigraphy and lithological characteristics of the Lower and Upper Visby boundary beds in the Ireviken 3 section, Northwest Gotland. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*. 51 (4). 2002. pp. 215—226.
22. Nestor V. Chitinozoans in the Wenlock-Ludlow boundary beds of the East Baltic. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 56, 2, 2007. pp. 109—128.
23. Paris F. Les Chitinozoaires dans le Paléozonque du sud-ouest de l'Europe (Cadre géologique — étude systématique — biostratigraphie). *Mémoire de la Société géologique et minéralogique de Bretagne*, 26. 1981, 496 pp.
24. Paris F., Grahn Y., Nestor V. et Lakova I. A revised chitinozoan classification. *Journal of Paleontology*, 73, 4. 1999, pp. 549—570.
25. Taugourdeau P. and de Jekhowsky Répartition et description des chitinozoaires Siluro-Dévonien de quelques sondages de la C. R. E. P. S., de la C. F. P. A. et de la S. N. repel au Sahara. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 15. 1960. P. 1199—1260.
26. Taugourdeau P. Néotypes de chitinozoaires. *Revue de Micropaléontologie*, 9. 1967. pp. 258—264.



СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ И ШАХТНЫХ ВОД НЕКОТОРЫХ УГОЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ УКРАИНЫ И РОССИИ

С. П. Войтович

Львовский национальный университет имени Ивана Франко, Львов, Украина
starostasvetik@mail.ru

Проведено сравнение количественных и качественных характеристик химического состава шахтных вод Львовско-Волынского, Донецкого и Кузнецкого угольных бассейнов, которые отличаются большим разнообразием. Формирование шахтных вод происходит в основном за счет подземных вод водоносных горизонтов, вскрываемых горными выработками. В Донбассе формируются кислые, щелочные и нейтральные, а в Львовско-Волынском бассейне и Кузбассе — только нейтральные шахтные воды. Минерализация шахтных вод Львовско-Волынского бассейна варьирует от 3 до 10 г/дм³, а Донбасса и Кузбасса — от 0,3 до 3,5 г/дм³. Установлено, что доминирующими анионами в шахтных водах Львовско-Волынского бассейна являются ионы хлора, в Донбассе — сульфат-ионы, а в Кузбассе — гидрокарбонат-ионы. Среди катионов в исследуемых бассейнах преобладают ионы натрия. Полученные данные о составе шахтных вод позволят в дальнейшем выбрать оптимальную технологическую схему их очистки на объектах Львовско-Волынского бассейна для снижения вредного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: угольные бассейны, подземные воды, шахтные воды, минерализация, макрокомпоненты.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE SUBSURFACE AND MINE WATERS OF SOME COAL FIELDS OF UKRAINE AND RUSSIA

S. P. Voitovich

Ivan Franko National University of Lviv (Lviv, Ukraine)

We present the comparison of widely diverse quantitative and qualitative characteristics of the chemical composition of mine waters of Lvov — Volyn, Donetsk and Kuznetsk coal basins. Formation of the mine water is mainly due to groundwater aquifers, unsealed by mining activity. The subsurface waters from the coalfields are very similar. Consequently, in the Donetsk Basin acidic, alkaline and neutral, while in the Lviv-Volyn basin and Kuzbass mines only neutral waters are formed. Neutral mine water of Lvov-Volyn basin characterized by mineralization from 3 to 10 g / dm³, Donbass and Kuzbass — from 0.3 to 3.5 g / dm³. Sulphate ions dominante in mine waters of Donetsk coalfield, chlorine ions in Lviv-Volyn, and in Kuznetsk hydrogen coalfields ions, but among cations in all basins sodium ions are predominant. The similarity of the composition of mine water will allow to choose the optimal flow sheet cleaning facilities in Lviv — Volyn basin to reduce the harmful effects on the environment, taking into account existing and proposed schemes of water purification in the Donetsk and Kuznetsk coal basin.

Keywords: coalfields, subsurface waters, mine waters, mineralization, macrocomponents.

Введение

Угольная промышленность в современном мире сохранила роль важнейшей базисной отрасли экономики. На территории Украины залежи каменного угля сосредоточены в отложениях карбона (Львовско-Волынский (ЛВБ) и Донецкий (ДБ) бассейны), на территории России — в пермских отложениях (одно из самых крупных месторождений угля — Кузнецкий бассейн (КБ) и др.). Угольная промышленность является одним из основных загрязнителей окружающей среды.

В течение многих лет в Львовско-Волынском бассейне складывалась весьма напряженная экологическая обстановка, которую порождало все более растущее техногенное воздействие на окружающую среду. Для улучшения экологической обстановки необходим выбор рациональной технологии очистки шахтных вод Львовско-Волынского бассейна. Это возможно при оценке химического состава шахтных вод. Масштабы и длительная эксплуатация месторождений Донецкого и Кузнецкого угольных бассейнов способствовали появлению многих работ, которые направлены на решение вопросов по очистке шахтных вод этих бассейнов различными методами, тогда как подобных исследований по объектам Львовско-Волынского бассейна известно мало. Таким образом,

сравнения компонентного состава шахтных вод трех угольных бассейнов позволит в дальнейшем выбрать оптимальную технологическую схему их очистки на объектах Львовско-Волынского бассейна для снижения вредного воздействия на окружающую среду. Целью исследований, результаты которых изложены в данной статье, было обобщение сведений о компонентном составе и свойствах шахтных вод трех названных угольных бассейнов, проведение сравнительного анализа характеристик состава и свойств этих вод, на основе которых возможен выбор оптимального способа очистки шахтных вод Львовско-Волынского каменноугольного бассейна.

Материалы и методы исследований

Особенности геологического и тектонического строения, гидрогеологических условий и гидрогеохимических характеристик подземных вод Львовско-Волынского, Донецкого и Кузнецкого бассейнов были установлены с использованием сравнительно-описательного метода. Автор собрал и обобщил имеющуюся информацию в опубликованных работах отечественных и зарубежных ученых в области изучения подземных и шахтных вод. Информационной основой гидрохимических исследований шахтных



вод Львовско-Волынского каменноугольного бассейна были результаты, полученные автором за период 2001—2012 гг. В них использовано более 400 химических анализов проб шахтных вод, которые отбирались в центральных водосборниках на каждой шахте один раз в сезон. При лабораторном анализе проб определялись общие гидрохимические показатели воды (хлориды, сульфаты, карбонаты, натрий и калий, кальций, магний и минерализация). Химический состав шахтных вод определен стандартными методами химического анализа качества вод. Обработка данных осуществлялась с использованием стандартных методов статистического анализа и методов графического анализа. Данные обрабатывались с помощью программных комплексов Microsoft Excel, Statistica 10.0, Surfer и Corel Draw, Microsoft PowerPoint.

Результаты и обсуждение

Проблема шахтных вод актуальна с момента начала действия горного предприятия. Шахтная вода, имея различные показатели химического состава и агрессивных свойств, негативно влияет на технику, которую используют при добыче, и на окружающую среду [3]. По данным Е. Посохова, шахтные воды угольных месторождений — это подземные воды, которые проникли в горные выработки и затем прошли через водоотливное хозяйство. Основным источником шахтных вод — подземные воды, дренируемые горными выработками, а дополнительным источником может быть фильтрация в горные выработки атмосферных осадков и поверхностных вод из прилегающих водных объектов. Химический состав шахтных вод определяется исходным составом формирующих их подземных вод и может существенно изменяться во времени. Шахтные воды формируются путём смешения подземных вод разных горизонтов, взаимодействия их с рудничной атмосферой и породами, вскрытыми горными выработками. Химический состав и общая минерализация их отличаются от подземных вод, окружающих горные выработки, что связано с окислением шахтных вод, активизацией выщелачивания горных пород, изменением газового и бактериального состава, а также с их загрязнением нефтепродуктами, маслами. В соответствии с вышесказанным сначала рассмотрим основные водоносные комплексы угольных бассейнов, поскольку эти воды являются исходными при формировании шахтных вод (табл. 1).

Характеристика подземных вод Львовско-Волынского (ЛВБ), Донецкого (ДБ) и Кузнецкого (КБ) угольных бассейнов. В Львовско-Волынском бассейне выделяется в вертикальном разрезе бассейна два гидрогеологических комплекса: 1) толща верхнемеловых и четвертичных пород перекрывает каменноугольные отложения, образуя верхний гидрогеологический комплекс; 2) нижний гидрогеологический комплекс образуют отложения юрской и каменноугольной систем [1, 3, 10]. В Донбассе (по данным В. Г. Суярка [11, 12]) образовалось более 500 водоносных горизонтов, в которых выделяются комплексы: четвертичный, неоген-палеогеновый, верхнемеловой, терригенный меловой и юрский, триасовый, нижнепермский галогенной формации, терригенных отложений нижней перми и терригенного карбона, карбонатной толщи ниж-

него карбона и девонский. Г. М. Рогов и Л. А. Соломко [8] в пределах Кузбасса выделяют шесть водоносных комплексов: 1) морских отложений; 2) лагунно-континентальных отложений балахонской серии; 3) континентальных отложений кольчугинской серии; 4) мезозойских отложений; 5) магматических пород; 6) пород кайнозоя. В бассейне выделяются три гидродинамические зоны: активного (распространена в мезокайнозойских отложениях), замедленного (охватывает весь разрез угленосных обложений) и затрудненного водообмена. В целом по бассейну подземные воды указанных комплексов гидравлически тесно связаны и образуют единую водонапорную систему [8].

Анализ химического состава подземных вод исследуемых бассейнов показывает их подобие. Вместе с тем необходимо учесть, что водоносные комплексы имеют разные глубины залегания. Для ДБ характерны большие глубины залегания водоносных горизонтов (до 800 м) [11, 12], в то время как для ЛВБ и КБ — меньшие (до 500 м) [8, 10, 15].

Кайнозойские водоносные комплексы имеют одинаковый тип вод — гидрокарбонатно-кальциевый, что связано с одинаковым источником их формирования — инфильтрационными водами [8, 10, 11]. В подземных водах мезозойских отложений среди анионов преобладает гидрокарбонат-ион. Подземные воды ДБ и КБ характеризуются присутствием в них сульфат-ионов. Формирование сульфатных вод происходит при окислении пирита и других сульфидных минералов. Что касается катионного состава, то в водах ЛВБ и КБ доминируют ионы кальция; в водах ДБ — ионы натрия и кальция [2, 12, 15]. Воды палеозойских водоносных комплексов в ЛВБ и ДБ в основном хлоридно-натриевые. В водах ЛВБ в катионном составе преобладают ионы натрия, в водах ДБ присутствуют ионы натрия и ионы кальция, а в КБ в палеозойских водоносных комплексах формируются содовые воды (гидрокарбонатно-натриевые) [10, 11, 15].

Гидрогеохимическая характеристика шахтных вод исследуемых районов. По составу и свойствам шахтные воды отличаются от подземных вод. Формирование шахтных вод начинается еще во время проведения подготовительных выработок. Особенно заметна в этом процессе роль очистных работ, при которых образуются трещины обрушения, которые распространяются на соседние водоносные горизонты и даже гидрогеологические комплексы. Воды, циркулирующие по ним, смешиваются с водами, которые содержатся в разрабатываемых угольных пластах и в боковых породах, подвергаются воздействию воздушной окислительной среды и в таком метаморфизованном виде поступают в горные выработки [10]. Более существенному воздействию подвергаются шахтные воды в горных выработках в условиях активного влияния шахтной среды. Накопление вод в подошве штреков и в отработанном пространстве лав, движение их в центральные водосборники с обогащением на пути продуктами разрушения горных пород и угля, которые содержат сульфиды, придают им новые свойства и изменяют их состав. В результате этого накапливаются сульфаты, увеличивается содержание щелочно-земельных элементов. Также шахтные воды, стекая по отработанному пространству, обогащаются растворами минерального происхождения и взвешенными веществами [11].



Геохимическая характеристика основных водоносных комплексов исследуемых угольных бассейнов

Table 1

Geochemical characteristics of main aquifer systems of studied coal basins

Водоносные комплексы (индексы) Aquifer systems (indexes)	Львовско-Волынский угольный бассейн Lvov-Volyn coal basin		Донецкий угольный бассейн Donetsk coal basin		Кузнецкий угольный бассейн Kuznetsk coal basin	
	Геохимический тип подземных вод Geochemical type of ground waters	М, г/дм ³ g/dm ³	Геохимический тип подземных вод Geochemical type of ground waters	М, г/дм ³ g/dm ³	Геохимический тип подземных вод Geochemical type of ground waters	М, г/дм ³ g/dm ³
Q	HCO ₃ -Ca	0,2—1,0	HCO ₃ -Ca HCO ₃ -SO ₄ -Ca	0,5—1,5 1,0—2,0	HCO ₃ -Ca	0,4—0,8
N — P			HCO ₃ -SO ₄ -(Ca, Mg, Na) SO ₄ -HCO ₃ -(Ca, Mg, Na)	0,5—2,5 1,0—5,0		
K ₂	HCO ₃ -Ca HCO ₃ -Ca-Mg HCO ₃ -Na	0,25—0,5 0,45—0,9	HCO ₃ -Ca HCO ₃ -SO ₄ -Ca	0,5—2,5		
K _{2cm}			HCO ₃ -SO ₄ -Ca SO ₄ -HCO ₃ -(Cl)-Na	1,0—3,0 1,5—6,0		
K ₁						
J	Cl-HCO ₃ -Na Cl-Na	0,92—4,0			HCO ₃ -Ca HCO ₃ -Ca- Mg Cl-SO ₄ -Mg-Ca Cl-Mg	0,6—1 5—8
T			HCO ₃ -SO ₄ -Ca SO ₄ -HCO ₃ -(Cl)-Na Cl-HCO ₃ -Na Cl-Na	1,0—2,0 1,5—5,0 До 10,0—16,0		
P ₇						
qP ₁			SO ₄ -Ca SO ₄ -Cl-Na-Ca Cl-Na	0,4—7,8 10,0—40,0	HCO ₃ -Ca-Na	0,5—5,0
P ₁			HCO ₃ -Ca HCO ₃ -SO ₄ -Ca SO ₄ -(Ca, Na, Mg) SO ₄ -Cl-Na HCO ₃ -(Cl)-Na Cl-Na	0,5—1 1,0—2,5 2,5—6,0 3,0—8,0 0,5—1,5 10,0—340,0	HCO ₃ -Na	До 19,6
C ₂						
C ₁ ²	Cl-HCO ₃ -Na Cl-Na	3,0—4,0 очень высокие М			Cl-Na Cl-HCO ₃ -Na Cl-Ca-Na	10—35,7
C ₁ ¹			От HCO ₃ -Ca до Cl-Na	0,5—10,0		
D ₂₋₃			SO ₄ -Cl-Na	4,0—340,0		

Ниже представлен анализ химического состава шахтных вод исследуемых районов.

Шахтные воды имеют разный химический состав. Содержание минеральных примесей составляет от 0,5 до 50 г/дм³. Авторы [11] предлагают так классифицировать шахтные воды по степени минерализации: 1 — пресная (до 1 г/дм³), 2 — слабосоленоватая (1—3 г/дм³), 3 — солоноватая (3—5 г/дм³), 4 — сильно солоноватая (5—10 г/дм³), 5 — соленая (10—25 г/дм³), 6 — сильносоленая (25—50 г/дм³), 7 — рассолы более (50 г/дм³). В ЛВБ- и ДБ-бассейнах встречаются воды от слабосоленоватых до соленых, а в КБ — от пресных до солоноватых. Шахтные воды характеризуются различными значениями кислотно-щелочного потенциала (рН). По величине рН шахтные воды разделяют на 3 класса: кислые (меньше 6,5); нейтральные (6,5—8,5); щелочные (более 8,5) [11]. В ДБ встречаются шахт-

ные воды от кислых до щелочных [4], а в ЛВБ и КБ все шахтные воды являются нейтральными. Рассмотрим нейтральные шахтные воды подробнее (табл. 2).

Шахтные воды ЛВБ с нейтральной реакцией рН характеризуются изменением минерализации от 3 до 10 г/дм³. Минерализация шахтных вод ДБ и КБ невысока и варьирует от 0,3 до 3,5 г/дм³ [4]. Глубины залегания этих вод — до 500 м, в ДБ иногда до 800—1000 м.

Шахтные воды ДБ относятся к сульфатно-гидрокарбонатным и гидрокарбонатно-сульфатным с различным катионным составом [4, 14]. Шахтные воды ЛВБ определены как сульфатно-хлоридные натриевые, КБ — сульфатно-гидрокарбонатные натриевые.

Таким образом, главными анионами в шахтных водах Донбасса является сульфат-ион, в ЛВБ — ионы хлора, а в КБ — гидрокарбонат-ионы, однако среди катионов во всех бассейнах доминируют ионы натрия.



Таблица 2

Характеристика и классы шахтных вод исследуемых угольных бассейнов

Table 2

Characteristics and classes of mining waters of studied coal basins

		Львовско-Волынский угольный бассейн Lvov-Volyn coal basin	Донецкий угольный бассейн Donetsk coal basin			Кузнецкий угольный бассейн Kuznetsk coal basin
pH		нейтральные pH 6,5–8,5	нейтральные pH 6,5–8,5	кислые pH < 6,5	щелочные pH > 8,5	нейтральные pH 6,5–8,5
Минерализация Mineralization		3–10 г/дм ³	0,5–3,5 г/дм ³	1–10 г/дм ³	2–7 г/дм ³	0,3–3 г/дм ³
Глубина отбора проб, м Sampling depth, m		–410/–550	до –500	–67/–1200	–500/–1300	–200/–500
Класс шахтных вод [7] Class of mine waters	анионы anions	Cl [–] > SO ₄ ^{2–} > HCO ₃ [–]	SO ₄ ^{2–} > HCO ₃ [–] > Cl [–] SO ₄ ^{2–} > Cl [–] > HCO ₃ [–]	SO ₄ ^{2–} > Cl [–]	SO ₄ ^{2–} > HCO ₃ [–] > Cl [–]	HCO ₃ [–] > SO ₄ ^{2–} > Cl [–]
	катионы cations	Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺	Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺	Na ⁺ > Mg ²⁺ > Ca ²⁺ Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺	Na ⁺ > Ca ²⁺	Na ⁺ > Ca ²⁺

Шахтные воды кроме повышенной минерализации характеризуются содержанием в них различных микроэлементов. В целом содержание микроэлементов на 1–2 порядка выше, чем в подземных водах, за счет которых они формируются. В шахтных водах Донбасса наиболее характерными микроэлементами являются алюминий, рубидий, барий, никель, а также бром, бор, стронций, литий, цезий, германий [13]. Подземные воды Львовско-Волынского бассейна значительно беднее микроэлементами: в этих водах нет цинка, циркония, олова, германия, бериллия, и в незначительных количествах обнаружены молибден, свинец, ванадий, бром, никель [5]. Шахтные воды Кузнецкого бассейна содержат кадмий, сурьму, стронций, железо, цинк, ртуть, медь, хром, барий, марганец, кобальт и свинец [16].

В Львовско-Волынском и Донецком бассейнах преимущественно из горных выработок шахтные воды через систему шахтного водоотлива собираются в прудах-накопителях, которые играют роль отстойников, и во время паводков шахтные воды частично попадают в водоемы, ухудшая экологическую ситуацию [10]. Для Донбасса разработаны различные технологии очистки и деминерализации шахтных вод, но они в настоящее время не внедряются из-за отсутствия финансирования. На некоторых шахтах Донбасса перед сбросом шахтная вода проходит обеззараживание (хлорирование), снижающее микробиологическое загрязнение [9]. В Кузбассе для очистки шахтных вод используют модульные установки. Для каждой шахты в зависимости от состава шахтных вод разработана своя схема модульной очистки: отстаивание для удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов, фильтрация, деминерализация, аэрация, обеззараживание. Для выбора наиболее оптимальных схем очистки шахтных вод Львовско-Волынского бассейна необходим анализ эффективности разработанных и действующих технологий на шахтах Донбасса и Кузбасса.

Выводы

Таким образом, учитывая приведенные выше данные, можно утверждать, что химический состав

подземных вод является основой формирования состава шахтных вод. Состав и свойства подземных вод, в свою очередь, определяются минеральным составом водовмещающих пород, источниками поступления которых являются природные геологические образования (минералы, горные породы), а также стадией их взаимодействия с водой.

В Донбассе формируются кислые, щелочные и нейтральные, а во Львовско-Волынском бассейне и Кузбассе — только нейтральные шахтные воды. Нейтральные шахтные воды Львовско-Волынского бассейна характеризуются небольшими и средними глубинами залегания и величинами минерализации от 3 до 10 г/дм³, Донбасса и Кузбасса — от 0,3 до 3,5 г/дм³. Установлено, что доминирующими анионами в шахтных водах Львовско-Волынского бассейна являются ионы хлора, в Донбассе — сульфат-ионы, а в Кузбассе — гидрокарбонат-ионы. Среди катионов в исследуемых бассейнах преобладают ионы натрия.

Полученные результаты изучения компонентного состава шахтных вод исследуемых угольных бассейнов позволят в дальнейшем выбрать оптимальную технологическую схему очистки шахтных вод Львовско-Волынского бассейна на основе анализа действующих и предлагаемых схем очистки этих вод в Донецком и Кузнецком угольных бассейнах. Необходимая очистка позволит использовать шахтные воды на объектах добывающих предприятий, обеспечить нормативы сброса этих вод в водные объекты, что в целом приведет к улучшению экологической ситуации в угольных районах.

Литература

1. Бучацка Г. М. Геохимические и гидрогеохимические особенности Червоноградского горно-промышленного района // Вестник Львовского университета. Серия геологическая, 2002. Вып. 16. С. 144–154.
2. Бучацка Г. М. Гидрогеологические условия и гидрогеохимическая зональность Львовско-Волынского угольного бассейна // Вестник Львовского университета. Серия геологическая, 2009. Вып. 23. С. 175–183.
3. Домрочева Е. В., Лепокурова О. Е., Сизиков Д. А.

Геохимическая характеристика подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) // Известия Томского политехнического университета, 2014. Т. 325. С. 94—101.

4. Дузь А. И., Пичугин Б. В., Дуденко И. И. Охрана среды и использование отходов угольного производства. Донецк: Донбас, 1990. 110 с.

5. Кушнирук В. А. Геологическое строение и тектонические особенности Львовско-Волынского каменноугольного бассейна. Киев: Наукова думка, 1968. 132 с.

6. Навитний А. М. О ликвидации вредного влияния подземных шахтных вод на гидросферу земной поверхности // Уголь, 2006. № 3. С. 60—63.

7. Питьева К. Е. Гидрогеохимические аспекты охраны геологической среды. Москва: Наука, 1984. 222 с.

8. Рогов Г. М., Плевако Г. А., Соломко Л. А. К вопросу гидрогеологии Кузнецкого бассейна // Известия Томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института имени С. М. Кирова, 1964. Т. 127. С. 120—123.

9. Рыжков И. Ю. Эколого-экономическая оценка возможностей использования подземных шахтных вод для питьевых водопотреблений // Экономика природопользования и охраны окружающей среды: сб. науч. пр. / Институт экономики природопользования и устойчивого развития Национальной академии наук Украины. Киев: ГУ ИЭПУР НАН Украины, 2012. С. 267—273.

10. Струев М. И., Исаков В. И., Шпакова В. Б. и др. Львовско-Волынский бассейн: геолого-промышленный очерк. Киев, 1984. 273 с.

11. Суярко В. Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена. Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2006. 225 с.

12. Суярко В. Г. Гидрогеохимия (геохимия подземных вод). Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2010. 112 с.

13. Суярко В. Г., Решетов И. К., Безрук К. О. Возможности использования подземных и шахтных вод Донбасса как гидроминерального сырья // Экология окружающей среды и безопасность жизнедеятельности. 2007. № 3. С. 7—12.

14. Улицкий А. А. Геохимические особенности шахтных вод Донбасса // Вестник Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина, 2009. Харьков: Издательство ХНУ им. В. Н. Каразина. Серия: Геология. География. Экология. Вып. 31. С. 79—82.

15. Шварцев С. Л., Домрочева Е. В., Рассказов Н. М. Геохимия и формирование содовых вод Кузбасса // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 1. С. 128—134.

16. Юрташкина Л. В. Исследование состава и свойств карьерных вод разрезов Кузбасса для оценки их утилизируемости: Автореф. дис. ... канд. тех. наук: 3.11.2005. Кемерово, 2005. 21 с.

References

1. Buchatska G. M. *Geohimicheskie i gidrogeohimicheskie osobennosti Chervonogradskogo gornopromyshlennogo raiona* (Geochemical and hydrogeochemical features of Chervonogradsky mining industrial are). Vestnik Lvovskogo universiteta. 2002, No. 16, pp. 144—154.

2. Buchatska G. M. *Gidrogeologicheskie usloviya i gidrogeohimicheskaya zonalnost Lvovsko-Volynskogo ugolnogo basseina* (Hydrogeological conditions and hydrogeochemical

zoning of Lvov-Volynsky coal basin). Vestnik Lvovskogo universiteta. 2009, No. 23, pp. 175—183.

3. Domrocheva E. V., Lepokurova O. E., Sizikov D. A. *Geohimicheskaya karakteristika podzemnykh vod Narykско-Ostashkinskoi ploschadi (Kuzbass)* (Geochemical characteristics of ground waters of Narykskaya-Ostashkinskaya area (Kuzbass). Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2014, V. 325, pp. 94—101.

4. Duz A. I., Pichugin B. V., Dudenko I. I. *Ohrana sredy i ispolzovanie othodov ugolnogo proizvodstva* (Environment protection and coal waste disposal). Donetsk, Donbas, 1990, 110 pp.

5. Kushniruk V. A. *Geologicheskoe stroenie i tektonicheskie osobennosti Lvovsko-Volynskogo kamennougolnogo basseina* (Geological structure and tectonic features of Lvov-Volynsky coal basin). Kiev, Naukova dumka, 1968, 132 pp.

6. Navitnii A. M. *O likvidatsii vrednogo vliyaniya podzemnykh shahtnykh vod n gidrosferu zemnoi poverhnosti* (Elimination of harmful effect of mining ground waters on surface hydrosphere). Ugol, 2006, No. 3, pp. 60—63.

7. Piteva K. E. *Gidrogeohimicheskie aspekty ohrany geologicheskoi sredy* (Hydrogeological aspects of geological environment protection). Moscow, Nauka, 1984, 222 pp.

8. Rogov G. M., Plevako G. A., Solomko L. A. *K voprosu gidrogeologii Kuznetskogo basseina* (Hydrogeology of Kuznetsk basin). Izvestiya Tomskogo ordena trudovogo krasnogo zname-ni politehnicheskogo instituta imeni S. M. Kirova, 1964. V. 127, pp. 120—123.

9. Ryzhkov I. Yu. *Ekologo-ekonomicheskaya otsenka vozmozhnostei ispolzovaniya podzemnykh shahtnykh vod dlya pitevykh vodopotrebn* (Ecological and economic evaluation of possibilities of mining ground water usage for drinking needs). *Ekonomika prirodoopolzovaniya i ohrany okruzhayuschei sredy*. Kiev, GU IEPUR NAN Ukraine, 2012, pp. 267—273.

10. Struev M. I., Isakov V. I., Shpakova V. B. et al. *Lvovsko-Volynskii bassein: Geologo-promyshlennyi ocherk* (Lvov-Volynsky basin: Geological sketch). Kiev, 1984, 273 pp.

11. Suyarko V. G. *Geohimiya podzemnykh vod vostochnoi chasti Dneprovsko-Donetskogo avlakogena* (Geochemistry of ground waters of Eastern Dnepr-Donetsk aulacogen). Kharkov, 2006, 225 pp.

12. Suyarko V. G. *Gidrogeohimiya (geohimiya podzemnykh vod)* (Geochemistry of ground waters). Kharkov, 2010, 112 pp.

13. Suyarko V. G., Reshetov K. Y., Bezruk K. O. *Vozmozhnosti ispolzovaniya podzemnykh i shahtnykh vod Donbassa kak gidromineralnogo syrya* (Possibilities of using Donbas ground and mining waters as hydromineral raw). *Ekologiya okruzhayuschei sredy i bezopasnost zhiznedeyatelnosti*, 2007, No.3, pp. 7-12.

14. Ulitskii A. A. *Geohimicheskie osobennosti shahtnykh vod Donbassa* (Geochemical features of Donbas mining waters). Vestnik Harkovskogo natsionalnogo universiteta im. V. N. Karazina, 2009. Kharkov, V. 31, pp. 79-82.

15. Shvartsev S. L., Domrocheva E. V., Rasskazov N. M. *Geohimiya i formirovanie sodovykh vod Kuzbassa* (Geochemistry and formation of soda waters of Kuzbas). Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2011, V. 318, No.1, pp. 128—134.

16. Yurtashkina L. V. *Issledovanie sostava i svoistv karernykh vod razrezov Kuzbassa dlya otsenki ih utiliziruемости* (Study of composition and characteristics of quarry waters of Kuzbas sections to evaluate their efficiency). Extended abstract of Ph dissertation: 3.11.2005/ Lyudmila Vladimirovna Yurtashkina, Kemerovo, 2005, 21 pp.



ФЕВРАЛЬСКИЕ ЧТЕНИЯ — 2016

В рамках научной сессии «Февральские чтения — 2016» Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина 17 февраля 2016 г. кафедра геологии Института естественных наук и базовая кафедра геологии СГУ в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН провели совместное заседание Геологического семинара и круглого стола «Геология и полезные ископаемые Тимано-Североуральского региона». В нем приняли участие преподаватели кафедры, научные сотрудники Института геологии, магистранты и студенты. Цель научной сессии — демонстрация научных достижений преподавателей и студентов. Докладчики представили результаты исследований золото-висмут-антимонидной минерализации хромитовых рудопроявлений севера Войкар-Сыньинского ультрабазитового массива на Полярном Урале, минеральных ассоциаций шлихов Вангыр-Сыньинской площади и аммоноидей саргаевского горизонта (верхний девон, франский ярус) в бассейне р. Косью на Приполярном Урале.

FEBRUARY READINGS — 2016

Within the scientific session «February readings — 2016» of Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin on February 17, 2016, the Department of Geology of the Institute of Natural Sciences and the base Department of Geology at the Institute of geology of Komi SC, UB RAS, conducted a joint Geological seminar and round table «Geology and mineral resources of the Timan-North Urals region». The department lecturers, scientists of the Institute of geology, master's students and students participated in the meeting. The purpose of the scientific session — demonstration of scientific achievements of lecturers and students. A young lecturer, PhD, master and student presented three reports. The speakers showed the results of studies of gold-bismuth-antimonide mineralization of chromite occurrences in the northern part of Voikar-Syninsky ultrabasic massif in the Polar Urals, mineral associations of concentrates of Vangyro-Syninskaya area and ammonoids of sargaevsky horizon (Upper Devonian, Frasnian stage) in the basin of the Kosyu river in the Subpolar Urals.

В Сыктывкарском государственном университете прошла очередная научная сессия — Февральские чтения, посвященная дню основания университета. Как всегда, она включала пленарное заседание и работу по секциям в институтах и на факультетах, охватившую все направления научной деятельности преподавателей университета.

17 февраля 2016 г. кафедра геологии Института естественных наук и базовая кафедра геологии СГУ в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН провели совместное заседание Геологического семинара и круглого стола «Геология и полезные ископаемые Тимано-Североуральского региона», в котором участвовали преподаватели кафедры, научные сотрудники Института геологии и студенты.

Научная программа Февральских чтений включала следующие доклады:

1. **Шайбеков Р. И.** доц., СГУ им. Питирима Сорокина. Золото-висмут-антимонидная минерализация хромитовых рудопроявлений севера Войкар-Сыньинского ультрабазитового массива (Полярный Урал).

2. **Ситкевич С. А.** магистрант, СГУ им. Питирима Сорокина. Минеральные ассоциации шлихов Вангыр-Сыньинской площади (Приполярный Урал).

3. **Зубов А. А.** студ., СГУ им. Питирима Сорокина. Аммоноидеи саргаевского горизонта (верхний девон, франский ярус) в бассейне р. Косью, Приполярный Урал.

Докладчики представили молодое поколение исследователей — от кандидата наук, преподавателя, до студентов, делающих первые шаги в науку.

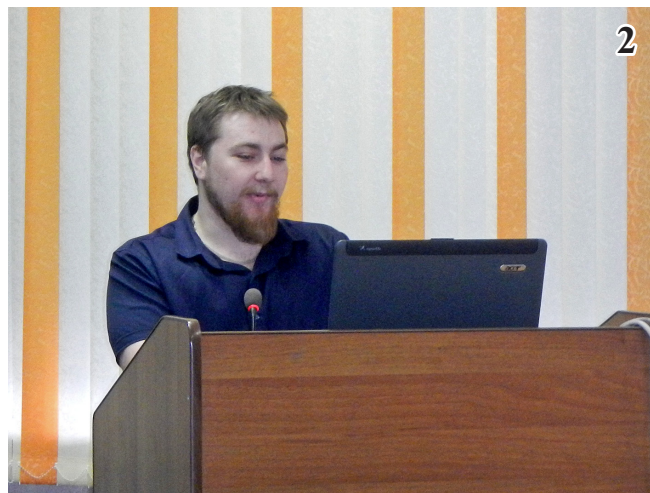
В докладе Р. И. Шайбекова изложены результаты изучения минерального состава хромититов перспективных на промышленное оруденение районов Полярного Урала. В хромитовых рудах участка «Егартский» Лагортинско-Кершорской площади (Войкар-Сыньинский массив) установлена золото-висмутовая минерализация. Она отмечается в широком интервале глубин — от приповерхностных частей рудных тел до глубины 140 м. Золотовисмутовая минерализация представлена самородным золотом и висмутом, их выделения приурочены преимущественно к трещинкам в зернах хромшпинелидов и нередко ассоциируют с сульфидами меди и никеля. Золото образует изометричные или удлиненно-вытянутые зерна размером до 2—3 мкм. По составу оно весьма высокопробное, лишь иногда в нем отмечается примесь серебра (до 2 мас. %). Выделения самородного висмута имеют микронные размеры (до 15 мкм). Содержание

Хроника

8—10 февраля в рамках Дня науки в Геологическом музее Института геологии прошли дни открытых дверей. Самая большая организованная экскурсия была проведена для Центра патриотического воспитания детей и молодежи г. Сыктывкара (25 чел.)

Chronicle

8—10 February within Science Day the Geological Museum of the Institute of Geology conducted open days. The largest organized tour in the museum was from Center of patriotic education of children and youth, Syktyvkar — 25 people.



Открытие заседания — А. М. Асхабов (фото 1), докладчик С. С. Ситкевич (фото 2)

Opening of the meeting — A. M. Askhabov (photo 1), speakers S. S. Sitkevich (2)

золотовисмутовой минерализации в объеме руд варьирует от долей до первых процентов и неравномерно распределено по площади и в разрезе массива.

В хромовых рудах Хойлинского участка наиболее распространенными минералами никеля являются хизлевудит (Ni_3S_2) и миллерит (NiS), редко встречается полидимит (Ni_3S_4). Впервые в хромовых рудах в значимых количествах установлен редкий антимонид никеля — брейтгауптит (NiSb), размер выделений которого достигает 100 мкм. В хромититах обнаружены также микровыделения аурикуприта и самородной меди.

Формирование золотовисмутовой и арсенидной минерализации связано с поздним, наложенным на хромитовые руды гидротермальным процессом, в результате которого происходило высвобождение и перераспределение висмута и сурьмы, часто присутствующих в виде примесей в сульфидах никеля, в виде собственных минералов.

В докладе С. А. Ситкевича представлены результаты изучения минерального состава шлихов золотоносных аллювиальных отложений и песчаников нижнего триаса Вангыр-Сынынской площади Приполярного Урала. По соотношению главных, второстепенных и акцессорных минералов в шлихах современных аллювиальных и нижнетриасовых отложений переборской толщи в урочище «Красный камень» выделены четыре минеральные ассоциации: *эпидотовая*, *хромит-гранат-эпидотовая*, *эпидот-гематитовая*, *эпидот-ильменитовая*. При этом для разных горизонтов нижнетриасовых отложений характерны *эпидот-гематитовая* и *эпидот-ильменитовая* ассоциации. Распределение шлиховых минеральных ассоциаций в районе неравномерно, что указывает на поступление тяжелых минералов из нескольких разных источников. Шлиховое золото на Вангыр-Сынынской площади распределено неравномерно. По химическому составу выделяется золото трёх разновидностей: весьма высокопробное (Ag до 1.5 мас. %), весьма высокопробное с примесью Ag , Cu , Pd в сумме до 4 мас. % и относительно низкопробное (Ag до 22 мас. %). По свойствам золото разделяется на два неравноценных по распространенности типа. I тип — мелкое, механически износное и химически весьма зрелое золото, удаленное от коренных источников, преобладает во всех россыпных объектах. II тип — зо-

лото более крупное, с объёмными формами, средней окатанностью и повышенным содержанием примесей, поступавшее, вероятно, из относительно близких коренных источников. Результаты исследования ставят под сомнение модель, в которой в качестве основного источника золота в современном аллювии района рассматриваются нижнетриасовые песчаники бызовской свиты и не учтена роль промежуточных коллекторов кайнозойского возраста.

Одним из поисковых признаков наличия на территории алмазоносных кимберлитов является присутствие в шлихах апатита с характерной фотолюминесценцией, обусловленной переходами в примесных ионах Eu^{2+} . Исходя из этого были проведены исследования рентгенолюминесценции апатита и выделены два его типа. Первый тип содержит примеси Sm^{3+} , Dy^{3+} , Er^{3+} , Ce^{3+} , Gd^{3+} , что характерно для апатитов магматического происхождения. Второй тип характеризуется наличием примеси Mn^{2+} , что свойственно осадочному апатиту. Однако апатит с примесью Eu^{2+} в изученных шлихах не обнаружен, как и другие минералы — спутники алмаза. Данные исследования ещё раз подтверждают, что Аранецкое потенциально алмазное поле является бесперспективным.

В докладе А. А. Зубова приводятся результаты исследования остатков аммоноидей саргаевского горизонта франского яруса верхнего девона в бассейне р. Косью на Приполярном Урале. Установлено, что изученный интервал разреза на р. Косью включает аммоноидеи: *Chutoceras* sp., *Lobotornoceras strangulatum* Keyserling, *Acanthoclymenia* sp., *Phoenixites varicatus* Wedekind, *Timanites keyserlingi* Miller, *Hoeninghausia* sp., *Timanites angustus* Glenister, *Manticoceras* sp., *Tornoceras contractum* Glenister, *Tornoceras typum* Glenister. На этом основании вмещающие отложения могут быть сопоставлены с региональной аммонитовой зоной *Timanites keyserlingi* или зоной *Manticoceras* Международной аммонитовой шкалы. На руч. Изъяль в изученном интервале разреза были найдены остатки аммоноидей: *Tornoceras typum* Sandberger, *Linguatornoceras clausum* Glenister, *Domanikoceras timidum* Becker et House, однако зональные виды аммоноидей не обнаружены.

Согласно схеме зонального расчленения и корреляции девонских отложений России для Урала, первое появление вида *Timanites keyserlingi* Miller в ам-



монитовой пачке разреза на р. Косью соответствует подошве аммонитовой зоны Timanites Keyserlingi. По международной шкале это соответствует зоне Manticoceras. Проведено сопоставление комплексов аммоноидей в разрезах бассейна р. Косью с аналогичными разрезами рек Кожым и Сивью.

Все доклады вызвали интерес, сопровождались живым обсуждением и дискуссией. Геологический семинар и круглый стол (в рамках Февральских чтений — 2016) прошли успешно, сложившаяся традиция будет продолжена.

Т. Майорова, Р. Шайбеков, С. Ситкевич, А. Зубов

ЖЕНЩИНЫ-ПЕРВОПРОХОДЦЫ ПЕЧОРСКОГО КРАЯ (к 125-летию М. И. Шульги-Нестеренко)

Существенный вклад в промышленное освоение Печорского края в первой половине XX века внесли женщины-ученые из группы исследователей, возглавляемой Александром Александровичем Черновым. Ярким представителем этой группы была крупный ученый-палеонтолог доктор геолого-минералогических наук Мария Ивановна Шульга-Нестеренко, награжденная в 1953 г. орденом Ленина.

WOMEN-PIONEERS OF PECHORA REGION (on the 125th anniversary of M. I. Shulga-Nesterenko)

Significant contribution to the industrial development of the Pechora region in the first half of the 20th century was made by women in the group of researchers headed by Aleksander Aleksandrovich Chernov. Maria Ivanovna Shulga-Nesterenko, a prominent paleontologist from Kiev, doctor of geological-mineralogical sciences, awarded with the Order of Lenin in 1953, was a bright representative of this group.

Важную роль в изучении Печорского края, которое ускорило его промышленное освоение, сыграло широкомасштабное научное участие в исследованиях, проводимых в XX веке знаменитой «черновской группой», возглавляемой Александром Александровичем Черновым. Костяк этой группы состоял из великих женщин-геологов — Веры Александровны Варсановьевой, Татьяны Алексеевны Добролюбовой и Елизаветы Дмитриевны Сошкиной. На эту же стезю чуть позже встала и киевлянка Мария Ивановна Шульга-Нестеренко, опубликовав в 1909 г. (в восьмом классе) свою первую научную статью «К вопросу о периодичности ледниковых периодов».

Окончив в Киеве гимназию, Мария Ивановна едет в Москву и поступает на Высшие женские курсы, всю дальнейшую жизнь связав с Москвой и геологией. Окончив в 1915 г. обучение на курсах, она в 1919 г. становится ассистентом кафедры геологии Московского университета, проводит практические занятия в группах А. А. Чернова и М. В. Павловой.

В 1922—1930-х годах Мария Ивановна неоднократно участвует в полевых геологических работах на Полярном и Северном Урале, на Северном Тимане — в районах угольных и нефтяных месторождений, сопровождая Чернова в его экспедициях и обеспечивая палеонтологическое изучение собранных материалов. Она очень любила комфорт, но безропотно и мужественно переносила все тяготы походной жизни.



М. И. Шульга-Нестеренко (фото 50-х гг.)
M. I. Shulga-Nesterenko (photo taken in 1950s)

Сама Мария Ивановна вспоминала эти годы с восторгом: «Геологическая лаборатория, — писала она, — принесла мне счастье. Мои дни стали так интересны, так полны. Я была занята все время, давно не чувствовала я так ярко прелести жизни, сознание своей молодости, силы. В кабинет большей частью уходила препарировать аммонитов, весело стучала молотком на весь кабинет, и сердце пело в моей груди. Иногда приходил Чернов, я уже совсем перестала бояться его, и мне с ним тоже было весело и просто. Он просматривал мой материал и рисунки, иногда приносил новые глыбы и сам разбивал их, отдавая мне нужные экземпляры. Иногда я переходила в музей работать с микроскопом, и там мне тоже бывало весело прислушиваться к голосам,

доносившимся из комнаты Чернова».

После создания в 1930 г. Московского геолого-разведочного института Мария Ивановна работает там доцентом, читая курс «Методы палеонтологических исследований», ведет занятия с аспирантами.

С 1928 г. Мария Ивановна также целенаправленно исследовала малоизученный в то время вид древних ископаемых организмов — мшанок. Благодаря своему упорству и таланту она стала одним из крупнейших и авторитетнейших специалистов в этой области. Результатом проведенных ею исследований мшанок из отложений каменноугольной и пермской систем явилось описание на Урале и северо-востоке Русской платформы четырех новых родов и 147 новых видов. Их изучение было обобщено ею в крупной на-



А. А. Чернов с группой учениц в музее Московских высших женских курсов, 1914 г.
М. И. Шульга-Нестеренко (слева) и В. А. Варсанофьева стоят за А. А. Черновым
A. A. Chernov with students in the museum of Moscow higher courses for women, 1914.
M. I. Shulga-Nesterenko (left) and V. A. Varsanofyeva are behind A. A. Chernov

учной монографии, за которую в 1946 г. ей была присуждена степень доктора геолого-минералогических наук.

В 1953 г. Мария Ивановна в составе группы ученых Палеонтологического института АН СССР была удостоена высокой государственной награды — ордена Ленина.

В 1955 г. Мария Ивановна вышла на пенсию, но продолжала вести научную деятельность. Последняя

ее работа вышла в свет в 1960 г. в «Сборнике трудов по геологии и палеонтологии», посвященном 80-летию со дня рождения А. А. Чернова и 55-летию его научно-педагогической и общественной деятельности.

Скончалась она в Москве после тяжелой и продолжительной болезни. Мария Шульга-Нестеренко пережила Александра Александровича Чернова чуть более чем на полтора года.

В. Цыганко



The Camp of Geologists. Pay-Khoy, Russia

Ответственный за выпуск:
Н. С. Уляшева

Редакторы издательства:
О. В. Габова, К. В. Ордин (английский)

Компьютерная верстка
А. Ю. Перетягина

Свид. о рег. средства массовой информации
ПИ № ФС77-56817 от 29.01.2014
Подписано в печать 08.04.2016

Тираж 200  Заказ 992
Редакция:
167982, Сыктывкар, Первомайская, 54

Тел.: (8212) 24-51-60
Факс: (8212) 44-82-68
E-mail: vestnik@geo.komisc.ru