

Май
2012 г.
№ 5 (209)

Вестник

Института геологии Коми научного центра УрО РАН

Научное и научно-информационное издание

Издаётся с января 1995 г. Выходит 12 раз в год

В этом номере:

- Литотипы пород среднедевонско-франского терригенного комплекса отложений южной части Печоро-Кожвинского мегавала Тимано-Печорской провинции 2
- Нижний девон Варандей-Адзыбинской структурной зоны (стратиграфия, корреляция) 6
- Сульфасоли висмутин-айкинитового ряда на Харбейском месторождении (Полярный Урал) 11
- Фракционирование изотопов углерода при искусственном созревании органического вещества горючих сланцев в автоклаве в присутствии воды 15
- Парадоксы геохимии марганца .. 19
- Майская сессия 25
- Кто, если не мы? 27
- В зеркале прессы 28
- Презентация новых изданий 31

Главный редактор

Н. П. Юшкин

Первый зам. главного редактора

А. М. Асхабов

Зам. главного редактора

О. Б. Котова

Ответственный секретарь

Т. М. Безносова

Редакколлегия

А. И. Антошина, И. Н. Бурцев, Д. А. Бушнев, А. Д. Гвишиани, Г. Н. Каблис, С. С. Клименко, И. В. Козырева, В. А. Коротеев, С. К. Кузнецов, Т. П. Майорова, А. М. Пыстин, О. В. Удоратина, М. А. Федонкин

Зав. редакцией

Т. А. Некулаева

С праздником Победы!

Глубокоуважаемый Николай Павлович!

Сердечно поздравляю Вас и Ваших близких с самым почитаемым и дорогим каждому гражданину нашей страны праздником – Днём победы над фашизмом в Великой Отечественной войне!

В этот знаменательный день желаем Вам крепкого здоровья, счастья, благополучия, творческих успехов и новых свершений, ведущих к процветанию, развитию научного, экономического и оборонного потенциала нашей Великой Родины.

Директор
НИИ «АЭРОКОСМОС»
академик

В.Г.БОНДУР



МИАСС ЧЕЛЯБИНСКОЙ 37702 79 29/4 0718=

СЫКТЫВКАР УЛИЦА ПЕРВОМАЙСКАЯ 54 ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ СОВЕТНИКУ РАН ЮШКИНУ Н П=

УВАЖАЕМЫЙ НИКОЛАЙ ПАВЛОВИЧ СЕРДЕЧНО ПОЗДРАВЛЯЮ ВАС С ПРАЗДНИКОМ ВЕСНЫ И ТРУДА И ДНЕМ ПОБЕДЫ ЭТИ ПРАЗДНИЧНЫЕ ДНИ ОБЪЕДИНЯЮТ В СЕБЕ ГЕРОИЧЕСКОЕ ПРОШЛОЕ НАШЕЙ РОДИНЫ ТРУДОВУЮ СОЛИДАРНОСТЬ И ВЕСЕННИЙ РАСЦВЕТ ВДХОНОВЛЯЮТ НА ТВОРЧЕСКУЮ И ПЛОДОТВОРНУЮ РАБОТУ НА ЕЛАГО НАШЕЙ РОДИНЫ ОТ ВСЕЙ ДУШИ ЖЕЛАЮ ВАМ И ВАШИМ БЛИЗКИМ КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ БОДРОСТИ И ДОЛГОЛЕТИЯ ПУСТЬ ЭТИ МАЙСКИЕ ПРАЗДНИКИ БУДУТ ПОСВЯЩЕНЫ ОБЩЕНИЮ С САМЫМИ БЛИЗКИМИ ЛЮДЬМИ-ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР В ГДЕГТЯРЬ-

с Днем Победы!

НННН 022 4

29/04/2012
917 29.04.0

Дорогой Николай Павлович,
От всего сердца поздравляю Вас с Великим
Днем Победы – 9 мая.

Как много в памяти и в душе связано с этим днем! Мне приятно пригласить Вас отметить его с нами в музее „Земля и люди“ в Софии. Сего дняшние глобальные проблемы Земли не менее драматичны чем мировая война. И нам тоже нужны великие цели, мужество, верность, единство, патриотизм, саможертвства, любовь к людям, Родине и к Земле, пример героев, массовый героизм и быть человеками.

Твой М. Малеев

ХРОНИКА МАЯ

18 мая — 50-летний юбилей лаборанта-исследователя Веры Алексеевны Жидовой. Работает в институте с 1988 г.

28—29 мая — в диссертационных советах Д 004.008.01 и Д.004.008.02 Института геологии Коми НЦ УрО РАН успешно защитили кандидатские диссертации: Любовь Вячеславовна Соколова по теме «Лландоверийские конодонты западного склона Приполярного Урала»; Александр Вадимович Вахрушев по теме «Минералого-технологические особенности тонкодисперсной составляющей бокситов Среднего Тимана»; в Казани в диссертационном совете Д 212.081.09 Борис Александрович Макеев по теме «Минеральные ассоциации и индикаторы рудоносности Пижемского титаново-го и Ичетьюсского алмазоносного месторождений Среднего Тимана».



УДК 552.4

ЛИТОТИПЫ ПОРОД СРЕДНедЕВОНСКО-ФРАНСКОГО ТЕРРИГЕННОГО КОМПЛЕКСА ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРО-КОЖВИНСКОГО МЕГАВАЛА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Т. В. Антоновская, Ю. В. Кочкина

Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Ухта

tat-atv@yandex.ru

В южной части Печоро-Кожвинского мегавала с помощью метода БШ ВНИГРИ в среднедевонско-франских преимущественно терригенных отложениях выделено 16 (I—XVI) литогенетических типов пород, объединенных в четыре группы. Коллекторами нефти и газа являются литотипы V—XVI, флюидоупором — литотипы I—IV.

Ключевые слова: *терригенный комплекс, месторождение, скважина, керн, большой шлиф, цикллит, литофация, литотип, коллектор, флюидоупор*.

ROCK LITHOTYPES OF THE MIDDLE DEVONIAN-FRASNIAN TERRIGENOUS COMPLEX IN THE SOUTH OF PECHORA-KOZHVINSKY MEGASWELL, TIMAN-PECHORA PROVINCE

T. V. Antonovskaya , Yu. V. Kochkina

Gazprom VNIIGAZ LLC, Ukhta Branch Office

Sixteen lithogenetic rock types (I—XVI) combined into four groups have been identified in the southern part of Pechora-Kozhvinsky megaswell using the method of large thin sections developed by All Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI). Lithotypes V—XVI appear to be oil and gas reservoir rocks, lithotypes I—IV are impermeable beds.

Keywords: *terrigenous complex, field, well, core, large thin section, cyclite, lithofacies, lithotype, reservoir rock, impermeable bed*.

Печоро-Кожвинский мегавал расположен в Печорской синеклизе, слагает западную часть Печоро-Кожвинского авлакогена (рис. 1). Мегавал состоит из серии валов и ступеней. Изученная нами Югидская и Северо-Югидская структуры осложняют южную часть Лыжско-Кыртаельского вала. Им соответствуют одноименные нефтегазоконденсатные месторождения (НГКМ) — Югидское и расположеннное северо-западнее Северо-Югидское, входящие в состав Кыртаельско-Печорогородского нефтегазоносного района Печоро-Кожвинской нефтегазоносной области. Югидское НГКМ было открыто в 1978—1982 гг. в результате бурения скв. 52, 54-Югидских, Северо-Югидское — в 2005 г. (скв. 1-Северо-Югидская).

На основе литолого-стратиграфических исследований был подтверж-

жен преимущественно терригенный состав среднедевонско-нижефранской части в разрезе среднедевонско-франского терригенного комплекса отложений Печоро-Кожвинского мегавала [1, 2].

Петрографическое изучение керна позволило нам детализировать состав терригенных и глинисто-терригенных образований и выделить его особенности в ряде стратиграфических подразделений. Мы подтвердили, что на Северо-Югидском месторождении, как и на Югидском, в среднедевонской части разреза преобладают мономинеральные кварцевые песчаники, практически не содержащие глинистого цемента или включающие его в незначительных количествах. Во франской части разреза преимущественно имеют олигомиктовые песчаники со значительной глинистой состав-

ляющей в цементе. Петрофизические исследования керна тоже показали, что среднедевонские отложения обладают улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами относительно франских как на Югидском, так и на Северо-Югидском месторождениях. Среднедевонские песчаники являются основными коллекторами, вмещающими углеводородные флюиды, в среднедевонско-франском пластовом резервуаре.

Кроме того, используя метод больших шлифов (БШ ВНИГРИ) [3], мы провели микроисследования керна скважин в среднедевонско-франской части разреза на Северо-Югидском месторождении. В результате нам удалось выделить 16 литогенетических типов пород по составу и степени зернистости пород [4, 5] и разделить их на четыре группы литоти-

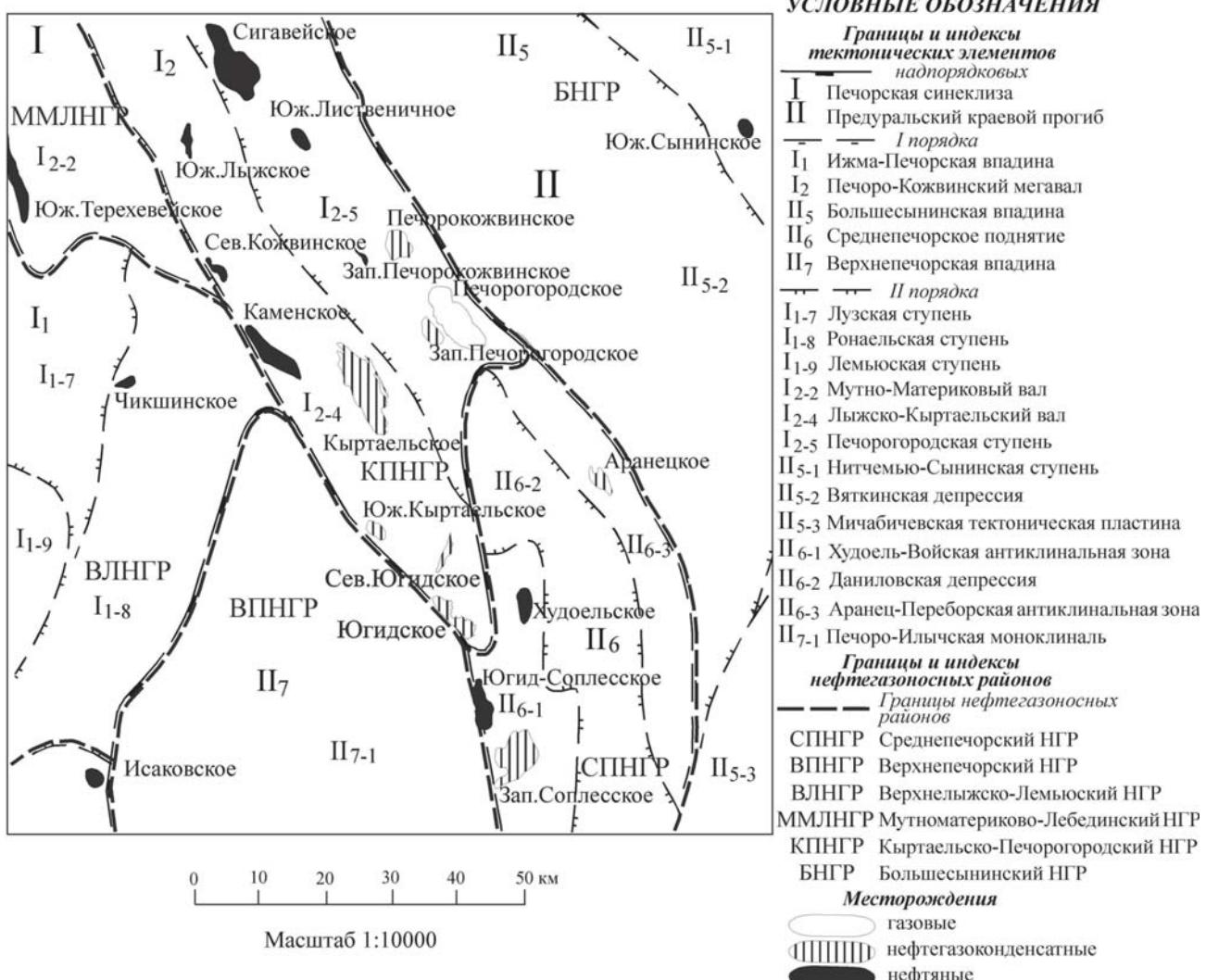


Рис. 1. Обзорная карта района исследований

пов (табл. 1). Затем проанализировали распределение литотипов по стратиграфическим подразделениям, пачкам и пластам (цикличитам и фазам) в разрезе каждой скважины. Пачки (цикличиты) и пластины были выделены по данным геофизических исследований в результате детальной корреляции разрезов скважин (табл. 2).

Мы установили, что в среднедевонских отложениях преобладают мономинеральные кварцевые песчаники с незначительным количеством примесей и глинистым цементом. Отличается состав пород в керне скв. 6, в котором присутствуют олигомиктовые песчаники, включающие кремнистые породы и калиевые полевые шпаты. Это говорит о том, что в районе данной скважины условия осадконакопления отличались от соседних. Литолого-фациальные условия были иными, что нашло отражение в составе пород, характере их накопления и переформирования в ходе геологического времени. Сейсмические исследования подтвердили, что район, где

пробурена скв. 6, находится на отдельном блоке, который был подвижен во время смены всех тектонических циклов фанерозоя. Литолого-фациальный анализ месторождений подтвердил чрезвычайно изменчивый рельеф поверхности осадконакопления во франском веке [6].

В исследованных нами свитах (дзельской, среднешапкинской и мутноматериковой, включающих старооскольские, джерьерские и тиманские отложения) коллекторами являются преимущественно мономинеральные кварцевые песчаники, принадлежащие к среднедевонской части разреза (литотипы XI–XVI), а также олигомиктовые песчаники (литотипы VI–X) и алевропесчаники (литотип V) верхнего девона, точнее, франского яруса (рис. 2). Плохо проницаемые образования со значительной примесью пелитовой размерности относятся к флюидоупорам (литотипы I–IV). Однако из-за значительной трещиноватости данные интервалы не могут быть флюидоупорами в полной мере

и чаще играют роль проводящей толщи и/или толщи рассеивания в зависимости от их положения в разрезе. Региональным флюидоупором для всего среднедевонско-франского нефтегазоносного комплекса отложений в южной части Печоро-Кожвинского мегавала является средневерхнефранский комплекс отложений, а именно депрессионные доманиковые и вышележащие преимущественно глинистые отложения [6].

Таким образом, по результатам наших исследований в среднедевонско-франских отложениях южной части Печоро-Кожвинского мегавала присутствует 16 (I–XVI) литогенетических типов пород, отличающихся друг от друга составом и степенью зернистости.

К коллекторам в среднедевонской части разреза относятся литотипы XI–XVI, в верхнедевонской (франской) – литотипы V–X. Плохо проницаемые образования (литотипы I–IV) из-за трещиноватости чаще играют роль проводящей толщи и тол-



Таблица 1

**Литотипы пород среднедевонско-нижнефранских отложений
в южной части Печоро-Кожвинского мегавала, выделенные по шлифам**

Литотип	Индекс литотипа	Группа литотипа	Индекс группы
Алевропелит	I	Алевропелит	I
Алевролит:			
глинистый	II		
песчанистый	III	Алевролит	II
песчаный	IV		
Алевропесчаник	V	Алевропесчаник	III
Песчаник олигомиктовый кварцевый:			
мелкозернистый алевритовый	VI		
мелкозернистый	VII		
среднемелкозернистый	VIII		
мелкосреднезернистый	IX		
разнозернистый с преобладанием среднезернистого	X		
крупносреднезернистый	XI	Песчаник	IV
Песчаник мономинеральный кварцевый:			
мелкозернистый	XII		
среднемелкозернистый	XIII		
мелкосреднезернистый	XIV		
разнозернистый	XV		
крупносреднезернистый	XVI		

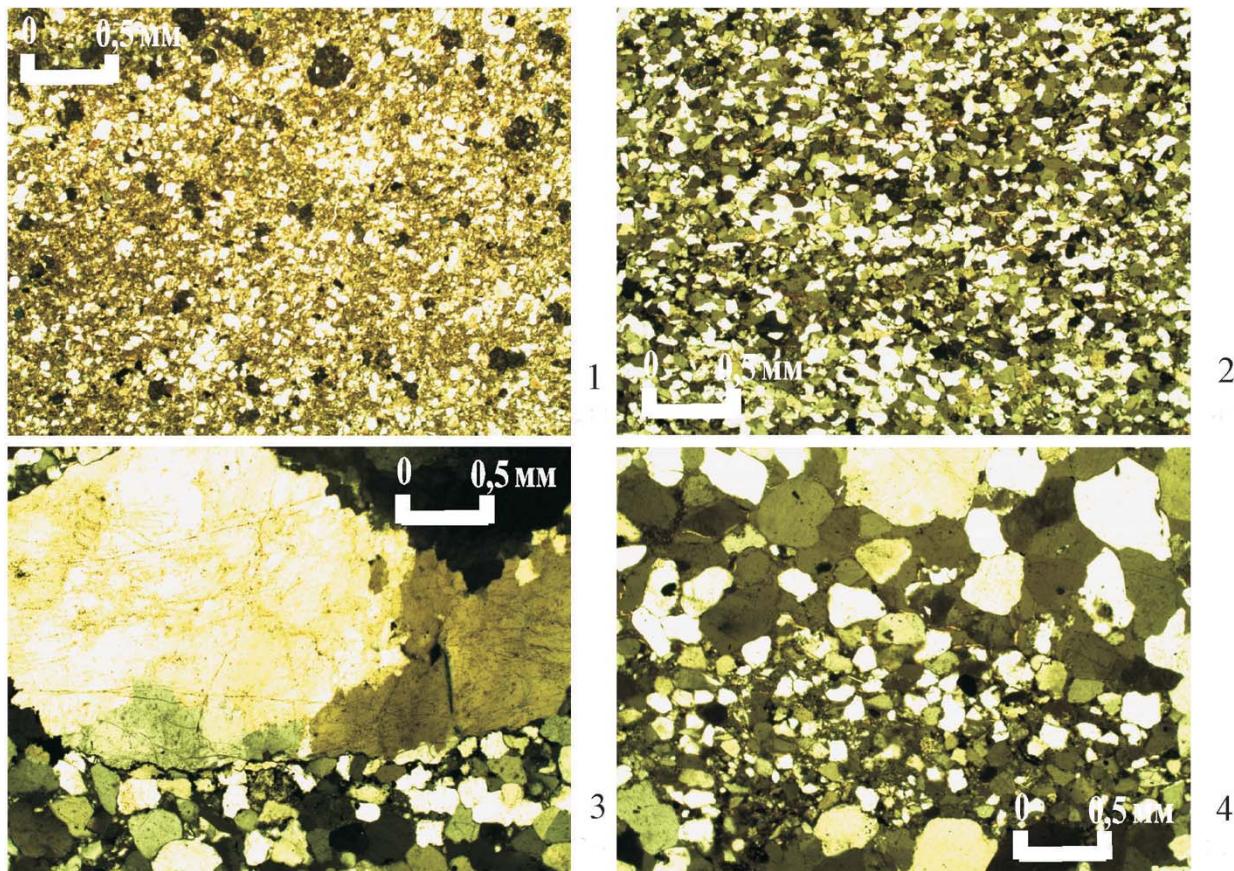


Рис. 2. Литогенетические типы (ЛТ) пород среднедевонско-франского возраста: 1 — алевропелит (ЛТ I); 2—3 — песчаник олигомиктовый кварцевый; 2 — мелкозернистый (ЛТ VII), 3 — разнозернистый с преобладанием среднезернистого (ЛТ X); 4 — песчаник мономинеральный кварцевый разнозернистый (ЛТ XV)



**Распределение литотипов пород по пачкам и пластам
среднедевонско-франских отложений Северо-Югидского НГКМ**

Стратиграфический возраст	Пачка (циклит)	Пласт (фаза)	Индекс литотипа (номер долбления / номер образца) по скважинам						
D _{3tm} (mm)	VII	K	—	—	—	—	—	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	VI	K	—	—	—	—	—	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	V	K	—	—	—	—	—	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	IV	K	—	—	—	—	—	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	III	K	—	—	—	—	VII (2/3) VII (3/1) VII (3/4)	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	II	K	VII-v, X-g (2/4)	—	—	II (1/4) VII (1/14) XII (1/25) XII (2/8)	X (4/2) VII (4/3)	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	I	K	—	—	—	—	—	—	—
		Φ	VII (3/20)	—	—	VII и III (3/2)	—	III (1/1)	—
D _{3dzc} (ss)	IX	K	—	—	—	XII (3/23) VII (4/10)	—	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	VIII	K	VII (3/39)	—	VIII (3/8) VII (3/37)	IX (5/2) III (5/6)	XIV (6/1) XVI (6/3) VII (6/4) IX (7/4) XIV(7/4a)	VII (2/18) VII (3/1) IX (3/14)	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	VII	K	—	—	V (4/2)	—	—	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	VI	K	—	—	—	—	—	—	—
		Φ	—	—	—	—	—	—	—
	V	K	—	—	—	—	—	—	—
		Φ	—	—	—	V (7/15)	—	—	—
	IV	K	—	—	—	—	—	—	—
		Φ	—	V (4/11)	—	—	—	VI (5/5)	—
	III	K	—	—	—	—	—	VI (5/5)?	—
		Φ	—	—	—	—	—	VI (6/1)	—
	II	K	IX (4/7)	—	—	—	—	—	—
		Φ	—	—	—	I (10/6) V (10/7)	—	IV (7/8)	—
	I	K	—	—	—	VIII (10/15) II (11/6) IX (11/8)	—	IV (8/2) IX (8/12)	—
		Φ	V (5/22) VII (5/35)	—	—	—	—	III (10/1)	—
D _{2zv} (dz)	—	—	XIII (11/69)	XIV (5/4)	—	—	—	IX (10/7) IX (15/1) IX(15/10) XI(15/13) XV (18/6)	—

Примечание. К — коллектор, Φ — флюидоупор.

щи рассеивания для углеводородных газов, однако могут удерживать УВ нефтяного ряда.

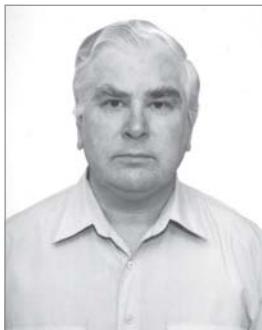
Литература

1. Меннер В. Вл. Литологические критерии нефтегазоносности палеозойских толщ северо-востока Русской платформы. М.: Наука, 1989. 133 с. 2. Меннер В. Вл., Буракевич Е. П., Ларионова З. В. Оценка коллекторов в терригенном комплексе девона Печоро-Колвин-

ской зоны // Миграция углеводородов и условия формирования коллекторов нефти. М.: Наука, 1982. С. 83—90. 3. Гиддл П., Белоновская Л. Г., Шибина Т. Д. и др. Методическое руководство по литолого-петрографическому и петрохимическому изучению осадочных пород-коллекторов / Под ред. доктора геол.-минер. наук А. М. Жаркова. СПб.: ВНИГРИ, 2009. 160 с. 4. Логвиненко Н. В. Петрография осадочных пород с основами методики исследования.

М.: Высшая школа, 1984. 416 с. 5. Шеванов В. Н. Петрография песчаных пород. Л.: Недра, 1987. 269 с. 6. Антоновская Т. В. Условия формирования и нефтегазоносность неантклинальных ловушек среднедевонско-турнейских отложений юго-востока Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции: Автореф. дис....канд. геол.-минер. наук. Сыктывкар, 2009. 21 с.

Рецензент
К. Г.-М. Н. Н. Тимонина



УДК 553.98:551.734.2 (470.111)

НИЖНИЙ ДЕВОН ВАРАНДЕЙ-АДЗЬВИНСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ЗОНЫ (СТРАТИГРАФИЯ, КОРРЕЛЯЦИЯ)

3. П. Юрьева¹, Йю. Валиукевичус²¹ Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПечорНИПИнефть», Ухта, Россия² Литовский институт геологии и географии, Вильнюс, Литва

yurzp@atknet.ru

Варандей-Адзьвинская структурная зона расположена в северо-восточной части Тимано-Североуральского региона, где нижний девон включает все ярусы: лохковский, пражский и эмсский. Нижнедевонские осадки накапливались в условиях мелководного морского бассейна с меняющимся характером осадконакопления (глинисто-карбонатным, карбонатным, сульфатно-карбонатным, смешанным терригенно-глинисто-карбонатным), представляют собой формирования с различными типами ритмичного строения.

Ключевые слова: *Тимано-Североуральский регион, Варандей-Адзьвинская структурная зона, нижний девон, стратиграфия, фауна, акантоды.*

LOWER DEVONIAN OF THE VARANDEJ-ADZ'VA STRUCTURAL ZONE (STRATIGRAPHY, KORRELATION)

Z. P. Yurieva¹, J. Valiukevičius²¹ Branch of OOO «LUKOIL-ENGINEERING» «PechoraNIPIneft», Ykhta, Russia² Lithuanian Institute of Geology and Geography, Vilnius, Lithuania

The Varandej-Adz'va structural zone located in the northeastern part of the Timan-Northern Ural region, where Lower Devonian represented all stages: Lochkovian, Pragian and Emsian. The Lower Devonian sediments were accumulated under conditions of shallow marine basin with unstable sedimentation (argillaceous-carbonate, carbonate, sulphate-carbonate and mixed clastic-argillaceous-carbonate), shown in different types of a rhythmical composition of sections.

Keywords: *Timan-Northern Ural region, Varandej-Adz'va structural zone, Lower Devonian, stratigraphy, facies, acanthodian.*

Исследование глубокозалегающих нижнедевонских отложений проводится с середины прошлого века. Первая информация была получена при вскрытии отложений в южной части Колвинского мегавала. Как показали последующие исследования, нижний отдел девона в более полном стратиграфическом объеме установлен в Варандей-Адзьвинской структурной зоне (ВАСЗ), характеризующейся сложным строением [4] и расположенной на северо-востоке Тимано-Североуральского региона (рис. 1). Детальное изучение нижнедевонских отложений ВАСЗ началось с разрезов южной части зоны, где были открыты нефтеносные пласты-коллекторы. Нижний девон здесь представлен лохковским, пражским и эмсским ярусами, однако объемы ярусов и распространение отложений в пределах ВАСЗ существенно различаются.

Наиболее полный стратиграфический объем лохкова установлен в северной части региона исследований. В пределах ВАСЗ на сравнительно коротком расстоянии в мощных разрезах нижнего лохкова наблюдаются значительные изменения, которые обусловлены условиями осадконакопления. При выделении в нижнем лохкове глинисто-карбонатной толщи овинпармского горизонта были отмечены уменьшение глинистости пород в её верхней части и выдержанность фациальной характеристики пород сотчекыртинского горизонта верхнего лохкова по площади [6]. В связи с открытием залежей нефти в нижнедевонских коллекторах северной части ВАСЗ, где разрез значительно отличается от разрезов южных площадей, возникла необходимость обобщить имеющиеся материалы по нижнедевонским отложе-

ниям для выявления закономерностей изменения пород и определения положения залежей нефти в разрезе нижнего девона.

Согласно современной стратиграфической схеме Тимано-Североуральского региона лохковский ярус представлен овинпармским и сотчекыртинским горизонтами, которые характеризуются широким фациальным разнообразием [2, 8]. Горизонты детально изучены в уральских разрезах, вскрыты и прослеживаются в пределах Печорской платформы. Овинпармскому горизонту на территории ВАСЗ соответствует хатаяхинская свита, распространенная повсеместно (рис. 2). Её стратотип установлен в южной части Колвинского мегавала. В разрезе Медынского вала (северо-восток ВАСЗ) этот горизонт можно рассматривать в качестве опорного разреза, так как он обоснован много-



численными литологическими и палеонтологическими данными. Кроме того, овинпармский горизонт имеет выразительную геофизическую характеристику. Его ритмичное трансгрессивно-регressiveвное строение иллюстрируют дифференцированные диаграммы промысловой геофизики. Важно отметить, что опорный разрез горизонта не нарушен тектонически разломами, которые проявляются в надвиговых структурах ВАСЗ, а именно в южной части вала Сорокина, на валу Гамбурцева.

По характеру распределения пород в опорном разрезе овинпармского горизонта ясно выделяются два ритма, каждый из которых в нижней части представлен трансгрессивными в основном глинистыми отложениями (пачки I и III) и регressiveвными преимущественно карбонатными отложениями (пачки II и IV). В строении пачек проявляется ритмичность более низкого ранга. Границы пачек приняты по резкой смене литологического состава. Верхняя часть пачки II, а также пачки III и IV прослеживаются по всей территории структурной зоны [9, 10]. Нижняя граница овинпармского горизонта и соответственно граница силура и девона литологически хорошо выражена.

Базальные глинистые отложения горизонта, характеризующие пачку I мощностью 30–50 м, залегают на верхнесилурийских глинисто-карбонатных, редко терригенных отложениях. Ритмичность строения пачки II (110–145 м) отчетлива, так как она представлена серией карбонатных пластов, чередующихся с пластами мергелей и известковых аргиллитов. Пласти-коллекторы А–Д содержат залежи нефти (месторождения Тобойское, Мядсейское и др.). Известняки и вторичные доломиты разнозернистые часто органогенные. Глинистые породы иногда содержат алевритовую примесь кварца. Важно проследить изменение пачки II при сопоставлении разрезов нижнего девона. Коррелятивными реперами являются и карбонатные, и разделяющие их глинистые пласти. В южном и юго-западном направлениях уменьшаются мощность пачки и число пластов, но вырастает карбонатность пород, что отражается на характере записи каротажных кривых. Однако карбонатные пласти пачки II не утрачивают свою выразительность и по-прежнему являются реперными уровнями. По ним прослеживается сокращение разрезов нижней части

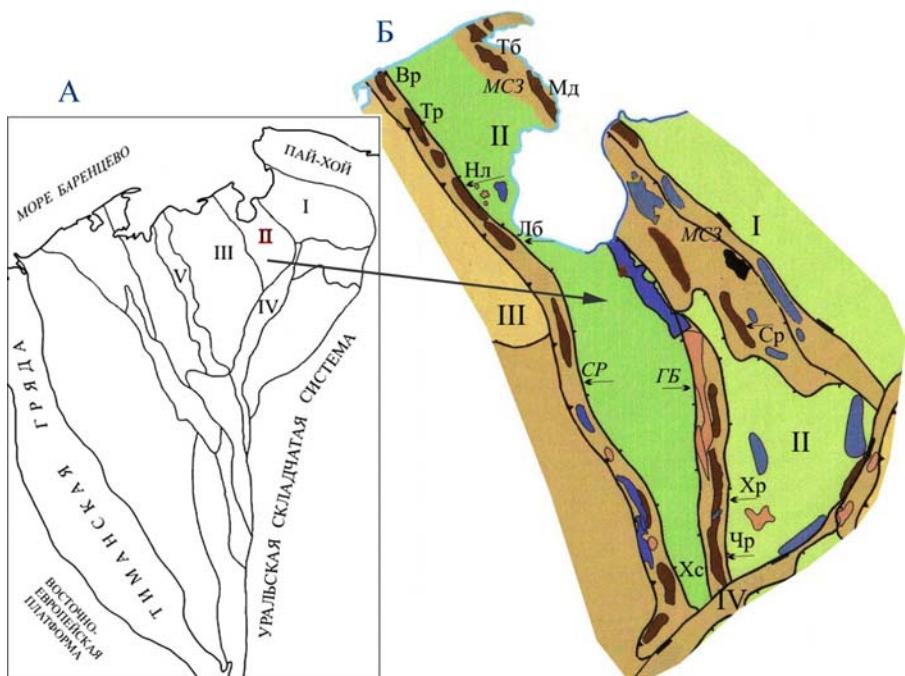


Рис. 1. Положение Варандей-Адзьвинской структурной зоны (ВАСЗ) в пределах Тимано-Североуральского региона (А). Тектонические структуры (Б): I — Коротайхинская впадина, II — ВАСЗ (*ГБ* — вал Гамбурцева, *МСЗ* — Медынско-Сарембайская антиклинальная зона, *СР* — вал Сорокина), III — Хорейверская впадина, IV — гряда Чернышева, V — Колвинский мегавал. Обозначения месторождений (Б): *Br* — Варандейское, *Lb* — Лабаганское, *Md* — Мядсейское, *Hl* — Наульское, *Cp* — Сарембайское, *Tb* — Тобойское, *Tr* — Торавейское, *Xp* — Хасырейское, *Xc* — Хосолтинское, *Chp* — Черпаюское

овинпармского горизонта, поскольку нижние пласти Д, Г и В постепенного выполаживаются. Выдержаным и потому наиболее значимым для региональной корреляции является глинистый пласт мощностью 3–10 м, который был обозначен как пласт R_D [5]. Этот пласт является аналогом базального глинистого пласта хатаяхинской свиты в южных разрезах ВАСЗ и в разрезах восточной части Хорейверской впадины (рис. 3). Пачка III (80–100 м) выделяется мелкой ритмичностью. Она сложена мергелями и известняками глинистыми с прослоями известняков органогенных. В южных и западных разрезах ВАСЗ возрастает карбонатная составляющая пород. Ритмичное строение пачки IV (45–95 м) определяется чередованием известняков зернистых, часто органогенных и доломитизированных, с известняками глинистыми и мергелями. В южном направлении количество мергелей и известняков глинистых уменьшается. В связи с тем, что качество пород пачки III как верхнего флюидоупора снижается, основным нефтеносным объектом становятся карбонатные пласти-коллекторы пачки IV. Залежи нефти установлены на месторождениях вала Сорокина (Наульское, Лабаганс-

кое, Хосолтинское) и вала Гамбурцева (Черпаюское, Хасырейское).

Наиболее важными представителями фауны, определяющей раннедевонский возраст и позволяющей проводить корреляцию разрезов, являются разнообразные акантодовые ассоциации. Они отчетливо отражают изменение условий осадконакопления в палеобассейне [11]. Коллекция акантод из овинпармских отложений наиболее многочисленна. Так, в раннелохковской биозоне *Nostolepis minima* (рис. 2, см. таблицу) определено 25 таксонов акантод. Зональное сообщество хуже распознаётся в более мощных овинпармских отложениях на северо-востоке ВАСЗ. В её западных разрезах в сообществе акантод статистически преобладают *Nostolepis minima*, *N. ex gr. striata*, *N. kozhymica*, *Nostovicina* sp. cf. *N. multicostata*. Пачкам II, III и IV соответствует биозона *Pechoralepis adzvensis*. Интервальная зона *Nostolepis* sp. cf. *N. tcherkesovae* характеризует нижнюю пачку I (R_D) в конседиментационно сокращенных разрезах овинпармского горизонта [12]. Верхнюю IV пачку характеризует интервальная зона *Nostovicina timonica*.

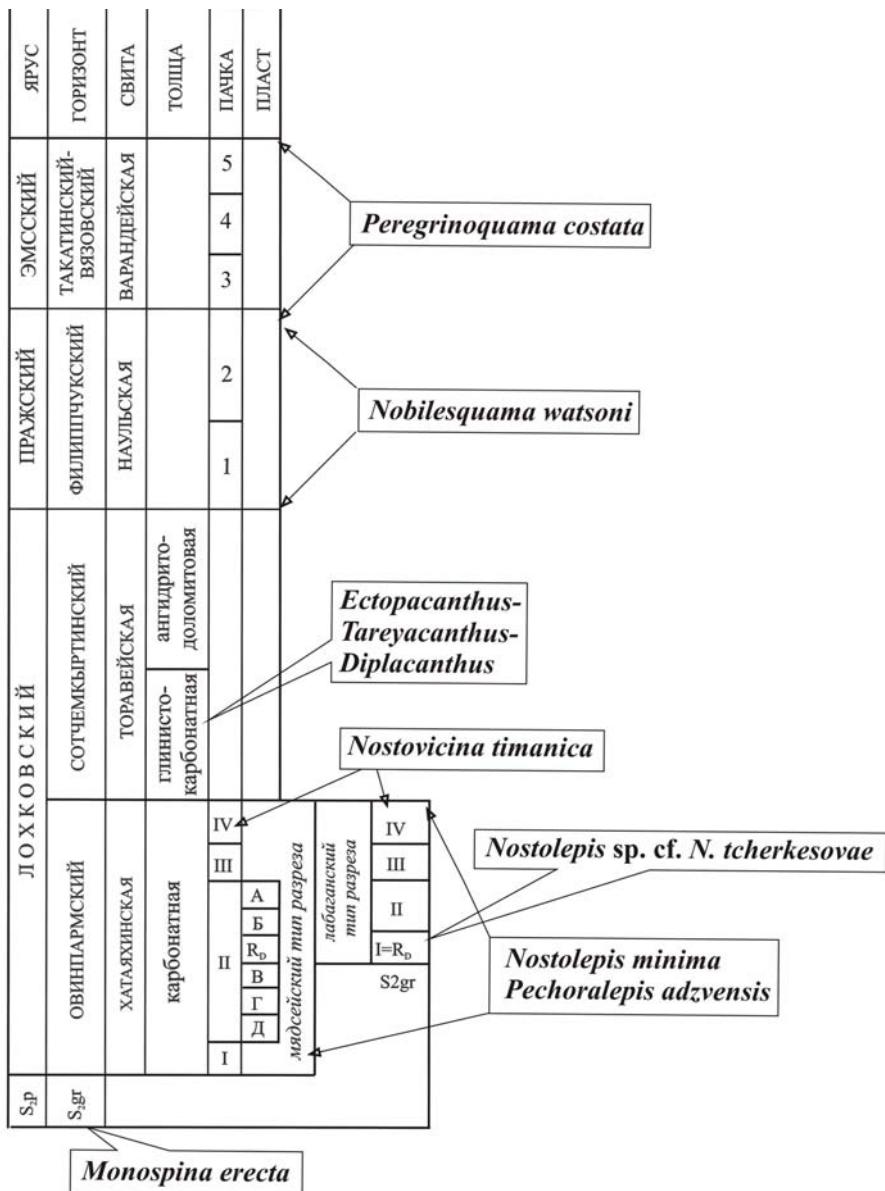


Рис. 2. Схема расчленения разреза нижнедевонских отложений БАСЗ. Распространение биозон акантод

Сотчекыртинский горизонт за-
вершает разрез лохковского яруса.
Горизонту соответствует торавейская
свита (стратотип ее установлен в скв.
25 Торавейской), которая имеет вы-
держаные по латерали фациальную
и промыслово-геофизическую ха-
рактеристики. Свита представлена в ос-
новном седиментационными доло-
митами и сульфатами с прослойями
аргиллитов и вторичных доломитов.
Она подразделяется на две толщи:
глинисто-карбонатную (нижнюю)
и ангидрит-доломитовую (верхнюю).
Для глинисто-карбонатной толщи
(70–90 м) типичен парагенез седи-
ментационных доломитов и мергелей
доломитовых с подчиненными про-
слойями аргиллитов и вторичных ци-
анобактериальных доломитов. Ан-
гидрит-доломитовая толща литоло-
гически выдержанна, сложена череду-
ющими się слоями сульфатов, седи-

ментационных доломитов, ангидрит-
доломитов, доломитовых мергелей и
аргиллитов. Мощность толщи в юж-
ном направлении изменяется от 390 м
до полного выклинивания вследствие
проявления эрозии в предсреднеде-
вонское и раннефранское время. Тора-
вейской свите соответствует акантод-
ная биозона *Ectopacanthus-Tareyacan-
thus-Diplacanthus*. Ее нижнюю границу
обозначает появление молодых тран-
зитных таксонов *Nostovicina* sp. cf.
N. tareyensis и *Acanthoides?* sp. В отлож-
ниях верхней части свиты обнаружен
только один вид *Acanthoides?* sp. широ-
кого распространения. Позднелохков-
ской возраст этих отложений подтвер-
ждается комплексом остракод, пред-
ставленным видом-индексом зоны
Welleriella ventrumbonata и сопутству-
ющими видами [1].

Пражские и эмсские отложения
установлены лишь в северных разре-
зах БАСЗ. Пражскому ярусу соотве-
тствует наульская свита (120–160 м),
стратотип которой выделен в разрезе
скв. 56 Наульской. Свита согласно за-
легает на породах сотчекыртинско-
го горизонта и разделяется на две
пачки. Нижняя пачка 1 (50–80 м)
сложена пестроцветными алевроли-
тами, аргиллитами, песчаниками, до-
ломитами и ангидритами. На диаг-
раммах промысловой геофизики она
отчетливо выделяется повышенными
значениями гамма-активности. Пес-
чаный пласт-коллектор нефтеносен на
севере Медынско-Сарембайской анти-
клинальной зоны. Пачка 2 (12–70 м)

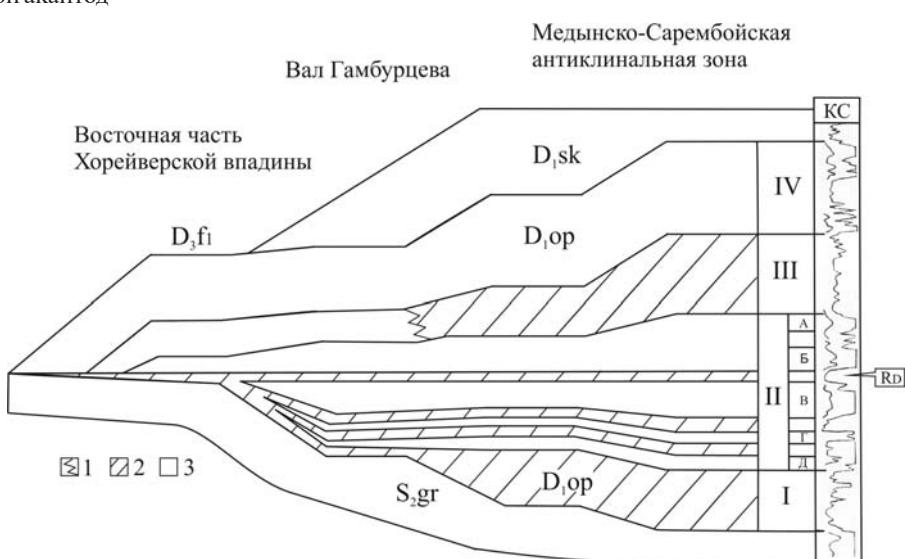


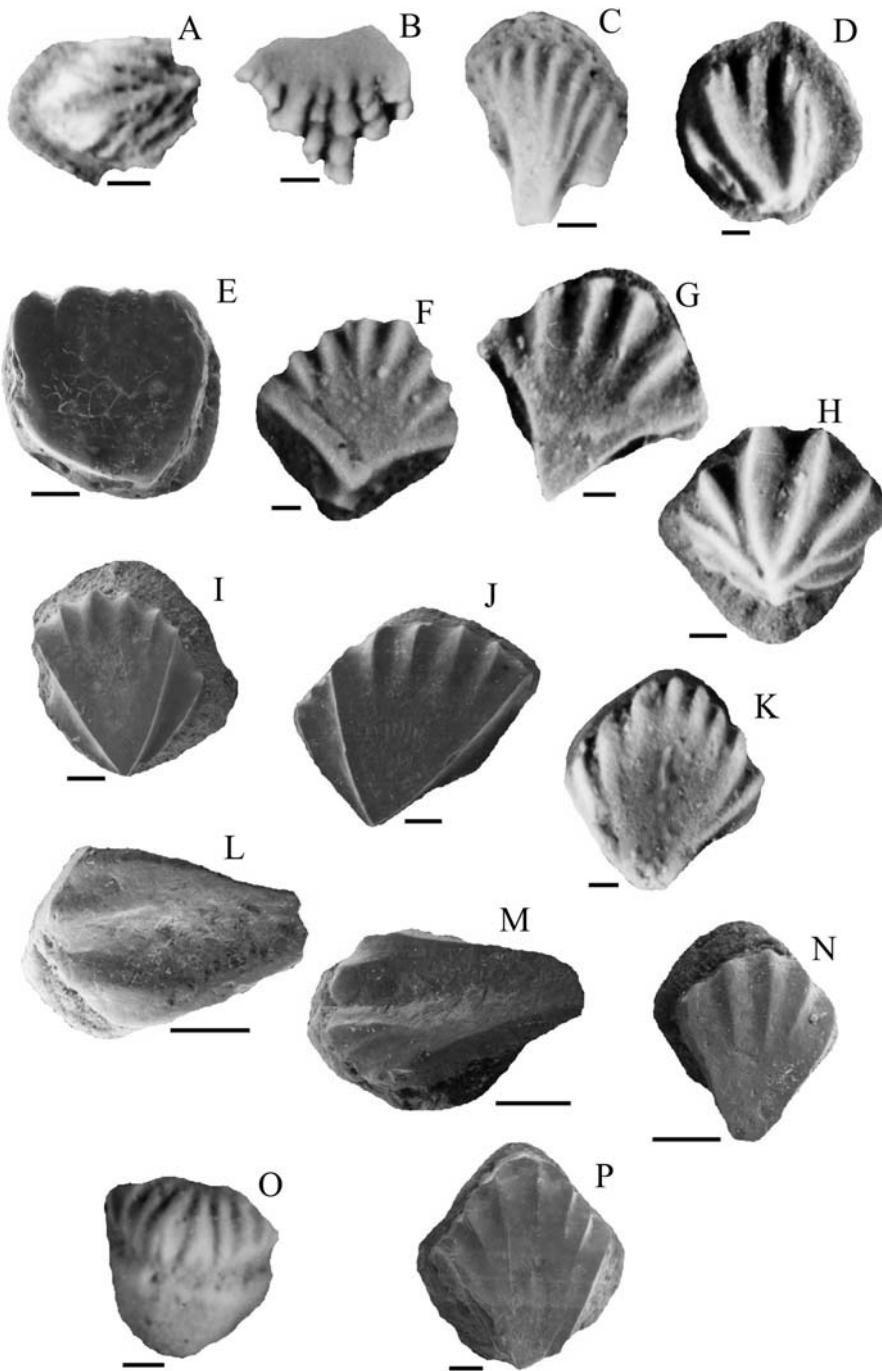
Рис. 3. Схема развития овинпармских отложений БАСЗ.
1 — фациальное замещение, 2 — преимущественно глинистые отложения, 3 — пре-
имущественно карбонатные отложения. I—IV — пачки овинпармского горизонта
A—D, R_D — реперные пласти пачки II; КС — кажущееся сопротивление пород



сложена доломитами, ангидритами, мергелями доломитовыми и характеризуется повышенными значениями кажущегося сопротивления. Интервальная зона *Nobilesquama watsoni*, связанная с верхней пачкой наульской свиты, включает транзитные ностолепиды. По акантодам нижняя граница наульской свиты фиксируется появлением вида *Nobilesquama watsoni*, а верхняя — по исчезновению вида *N. minilonga*, который существовал в лохковское и пражское время. Вид *Nostolepis taimyrica* характерен для пражских и раннеэмских отложений.

Эмский ярус выделяется в объеме варандейской свиты (стратотип установлен в разрезе скв. 2 Варандейской), которая подразделяется на три пачки (3–5) и по площади развита меньше, чем наульская свита. Мощность яруса колеблется от первых метров до 180 м, что является следствием размыва пород в среднедевонское и раннефранкское время. В пачке 3 (до 70 м) переслаиваются доломиты, известняки, мергели, алевролиты и аргиллиты. Породы обогащены глинистым материалом. Карбонаты содержат фрагменты остракод и водорослей. В пачке 4 (до 80 м) преобладают доломиты с гнездами вторичных ангидритов и с прослойями мергелей доломитовых и аргиллитов. Пачка 5 (до 25 м) сложена доломитами, мергелями доломитовыми, часто алевритистыми и сульфатизированными. В объеме варандейской свиты установлена раннеэмская биозона акантод *Peregrinosquama costata*. Комплекс эмских остракод, имеющий сходство с позднелохковским, отличается от него наличием новых видов — *Aparchitellina rozhdanna*, *Sulcatiella armata*, *Bairdia nordica*, а также представителей рода *Bivlada*.

Раннедевонское осадконакопление завершает ордовикско-раннедевонский цикл развития бассейна седиментации на северо-востоке Европейской платформы [3]. Эволюцию и морфологию осадочного бассейна определяли тектоническая эволюция платформы, развитие Палеоуральского океана и эвстатические колебания уровня моря. В открытошельфовых (рамповых) бассейнах позднего лудфордия и раннего лохкова формировались протяженные трансгрессивные тракты илово-биокластовых известняков с богатыми и разнообразными комплексами бентосной фауны, небольшими биостромами и биогермами [2]. На развитие и рас-



Раннедевонские акантоды ВАСЗ. Чешуи, крона передним краем вверх, за исключением: фиг. А, Л, М — крона передним краем слева, О — переднебоковой вид чешуи. Масштабная линия 0.1 мм. А, В — *Poracanthodes porosus* Brotzen, 1934. Скв. 42 Западно-Лекейянская, инт. 3230—3249 м, скв. 16 Северо-Сарембайская, инт. 3466—3475 м; верхний силур, пржидольский ярус. С — *Nobilesquama minilonga* Valiukevičius et Burrow, 2005; Д — *Canadalepis linguiiformis* Vieth. Скв. 76 Лабаганская, инт. 4117—4123 м; хатаяхинская свита, базальная пачка в разрезе лабаганского типа, репер R_D. Е — *Canadalepis linguiiformis* Vieth, 1980. Скв. 19 Северо-Сарембайская, инт. 3320—3325 м; хатаяхинская свита, пачка II в разрезе мядсейского типа. F, G — *Pechoralepis zinaidae* or *P. advensis*, транзитная разновидность чешуй. Скв. 17 Северо-Сарембайская, инт. 3954—3961 м; хатаяхинская свита, пачки II, III. Н — *Pechoralepis advensis* Valiukevičius et Burrow, 2005. Скв. 7 Варандейская, инт. 4200—4212 м; хатаяхинская свита, пачка IV. И, Ј — *Nostolepis terraborealis* Valiukevičius, 2003. Скв. 25 Торавейская, инт. 4251—4255 м; торавейская свита, глинисто-карбонатная толща. К — *Nostovicina platycrista* Valiukevičius et Burrow, 2005. Скв. 11 Тобойская, инт. 3382—3389 м; наульская свита, пачка 1. Л, М — *Nostovicina timanica* Valiukevičius et Burrow, 2005, Н — *Nostolepis taimyrica* Valiukevičius, 1994. Скв. 2 Варандейская, инт. 3749—3757 м; наульская свита, пачка 2. О — *Nostovicina multangula* Valiukevičius et Burrow, 2005, Р — *Peregrinosquama costata* Valiukevičius et Burrow, 2005. Скв. 2 Варандейская, инт. 3667—3674; варандейская свита



пространение фаций оказалось влияние Большеземельское палеоподнятие, сводовая часть которого соответствует Хорейверской впадине в современном структурном плане. Влияние погребённого палеоподнятия определило особенности строения осадочных образований, выразилось в длительных перерывах осадконакопления, сопровождаемых глубокими размывами в начале среднего и позднего девона [7]. Устойчивое падение относительного уровня моря, начавшееся в конце пржидольского века, вызвало регрессию морского бассейна и определило его региональное обмеление. На его фоне позднее отметилась фаза крупной раннелохковской трансгрессии. Нижнедевонские отложения чётко отражают трансгрессивно-регрессивную направленность развития бассейна седиментации. В их основании залегают морские карбонатные и глинисто-карбонатные толщи овинпармского горизонта, перекрытые седиментационными доломитами и ангидритами сотчемкыртинского горизонта и карбонатно-терригенными породами пражского и эмского ярусов.

Фациальная изменчивость лохковских отложений наблюдается как по латерали, так и в разрезе. О постепенном обмелении морского бассейна свидетельствует смена нормально-морских отложений (овинпармское время) отложениями лагун с повышенной солёностью (сотчемкыртинское время). Овинпармские известняки и мергели содержат типичную морскую фауну (брахиоподы, криноиди, кораллы и др.). В целом регressiveная тенденция морского осадочного бассейна наиболее отчетливо проявилась в отложениях пражского и эмского возрастов. Трансгрессивные глинистые отложения формировались в условиях полузакрытого морского мелководья. Развивались регressiveные тракты, сформированные сульфатно-карбонатными образованиями. Начало осадочного пражского ритма (трансгрессивная часть) отличалось интенсивным поступлением терригенного материала. В ран-

нем эмсе (ретрессивная часть ритма) существовали обстановки аллювиальных равнин, а на рубеже раннего и позднего эмса наступил перерыв в осадконакоплении. Позднеэмско-эйфельское время характеризовалось распространением на запад трансгрессивных глинисто-терригенных трактов, ограничиваемых расчленённым рельефом дна бассейна. В условиях трансгрессии морского мелководного бассейна формировались глинисто-терригенные и сульфатно-карбонатные отложения.

Таким образом, уточненные нами данные показали, что эрозия отложений в среднем и позднем девоне повлияла на стратиграфический объём и мощность нижнего девона в южной и юго-западной части ВАСЗ, на участках повышенного палеорельефа. На северо-востоке Тимано-Североуральского региона нижнедевонские отложения являются промышленно нефтеносными. Наибольшее число залежей углеводородов установлено в пределах Варандей-Адзыбинской структурной зоны. Несмотря на различие фаций, стратиграфического объёма и мощности, выявлено сходство строения нижнедевонских отложений по всей территории. На основе каркаса реперных уровней, которыми являются толщи, пачки и отдельные пласти пород, удалось проследить развитие ритмично построенных нижнедевонских отложений и определить положение продуктивных пластов-коллекторов в их разрезе.

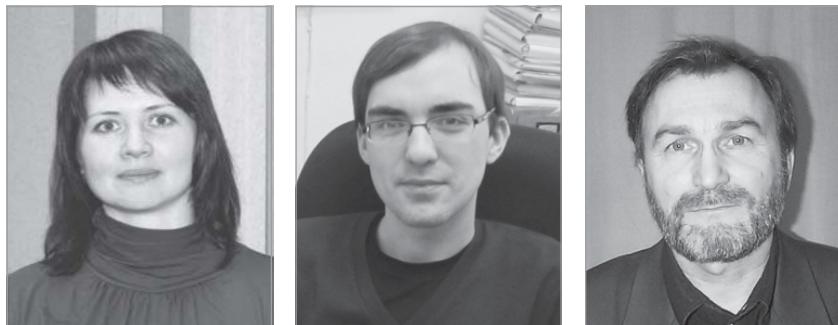
Литература

1. Абушик А. Ф., Шамсутдинова Л. Л. Остракоды раннего девона Тимано-Печорской провинции. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 181 с.
2. Антошкина А. И. Пространственно-временные связи в структуре нижнепалеозойской калейдовой формации севера Урала // Проблемы геологии и минералогии. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 351–364.
3. Жемчугова В. А., Мельников С. В., Данилов В. Н. Нижний палеозой Печорского нефтегазоносного бассейна (строительство, условия образования, нефтегазоносность). М: Изд-во Академии горных наук, 2001. 110 с.
4. Малышев Н. А. Тектоника, эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов европейского севера России. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 270 с.
5. Мартынов А. В., Шамсутдинова Л. Л. Расчленение и корреляция разнофациальных разрезов овинпармского горизонта нижнего девона Тимано-Печорской провинции в связи с его нефтегазоносностью // Нефтегазовая геология на рубеже веков. Прогноз, поиски, разведка и освоение месторождений: Материалы конф. Т. 2. СПб., 1999. С. 137–143.
6. Рассказова Н. Б., Меннер В. Вл. Горизонты коллекторов в карбонатных толщах ордовика, силура и нижнего девона Тимано-Печорской провинции // Миграция углеводородов и условия формирования коллекторов нефти. М.: Наука, 1982. С. 104–109.
7. Султанаев А. А., Данилевский С. А. Большеземельский палеосвод и его нефтегазоносность // Геология и нефтегазоносность северных районов Тимано-Печорской провинции: Тр. ВНИГНИ. Вып. V. М., 1979. С. 81–88.
8. Цыганко В. С. Девон западного склона севера Урала и Пай-Хоя (стратиграфия, принципы расчленения, корреляция). Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 356 с.
9. Юрьева З. П. Нижнедевонские карбонатные отложения восточного склона Большеземельского поднятия // Геология нефти и газа, 1995. № 6. С. 24–29.
10. Юрьева З. П. Реперные уровни при корреляции девонских поддоманниковых отложений (северная часть Тимано-Печорской провинции) // Актуальные проблемы геологии горючих ископаемых осадочных бассейнов европейского севера России: Материалы Всерос. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2000. С. 174–175.
11. Valiukevičius J. New Late Silurian to Middle Devonian acanthodians of Timan-Pechora region // Acta Geologica Polonica, 2003. 53 (3). P. 209–245.
12. Valiukevičius J. and Burrow C. J. Diversity of tissues in acanthodians with *Nostolepis*-type histological structure // Palaeontologica Polonica, 2005. 5 (3). P. 635–649.

Рецензент
д. г.-м. н. А. И Антошкина



УДК 549.352



СУЛЬФОСОЛИ ВИСМУТИН-АЙКИНИТОВОГО РЯДА НА ХАРБЕЙСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

И. С. Астахова, С. С. Шевчук, В. Н. Филиппов

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

astakhova@geo.komisc.ru

Приводятся результаты исследований сульфосимутов свинца и меди Харбейского месторождения. В соответствии с новой номенклатурой уточнена их видовая принадлежность. Выявлен новый для провинции минеральный вид из висмутин-айкинитового ряда.

Ключевые слова: *сульфосоли, висмутин-айкинитовый ряд, эмилит, Харбейское месторождение*.

SULFOSALTS OF BISMUTHINITE-AIKINITE SERIES ON THE HARBEYSKOE DEPOSIT (POLAR URALS)

I. S. Astakhova, S. S. Shevchuk, V. N. Filippov

Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The results of studies of sulfobismuths of lead and copper of the Harbeyskoe deposit are presented. Their specific identity was confirmed according to the new nomenclature. A new mineral species was determined for the province from bismuthinite-aikinite series.

Keywords: *sulfosalts, bismuthinite-aikinite series, emilite, Kharbeyskoe deposit*.

Одним из основных центров хранения геологической информации на европейском северо-востоке России является Геологический музей им. А. А. Чернова. В музеиных фондах собран богатый материал по медно-молибденовой формации Полярного Урала, насчитывающий более 500 образцов, шлифов и аншлифов, характеризующий типоморфные признаки рудных и нерудных минералов, региональные и локальные закономерности распределения рудного вещества, последовательность минералообразования.

При проведении инвентаризации объектов минералогической информации, хранящихся в фондах, были обнаружены образцы с минералом, название которого не значится в общепринятом списке минеральных видов (IMA, 2011). В 1980-х го-

дах при микрозондовом исследовании рудной минерализации Харбейского месторождения Д. Н. Литошко обнаружил минерал с устойчивым химическим составом, отличающимся от составов известных минеральных видов в висмутин-айкинитовом ряде. Данное соединение с кристаллохимической формулой $\text{Cu}_8\text{Pb}_8\text{Bi}_{14}\text{S}_{37}$ он назвал харбейитом. Его структурные особенности были установлены теоретически на основе принадлежности к ряду, обладающему ромбической сингонией [5, 6]. В работе «Нестехиометрия и гомологические ряды сульфосолей» Н. Н. Мозгова утверждала, что в данной изоморфной серии новых, отличающихся составом минералов быть не может [7]. Харбейт не был зарегистрирован как новый минеральный вид.

В настоящее время помимо конечных членов в группу сульфосолей висмутин-айкинитового ряда входят десять гомологических видов [13]. Общая теоретическая формула для данной серии: $\text{Cu}_x\text{Pb}_y\text{Bi}_{8-0.5(x+y)}\text{S}_{12}$, где значение x равно значению y и меняется от 0 до 4. Реперными минералами являются конечные члены айкинит, у которого $x=y=4$, теоретическая формула $\text{Cu}_4\text{Pb}_4\text{Bi}_4\text{S}_{12}$, висмутин с $x=y=0$ и формулой $\text{Cu}_0\text{Pb}_0\text{Bi}_8\text{S}_{12}$, т. е. Bi_2S_3 , и средний член крупакит с формулой $\text{Cu}_2\text{Pb}_2\text{Bi}_6\text{S}_{12}$. Химическая формула минералов промежуточного состава висмутин-айкинитового ряда пересчитывается на 8 катионов согласно уравнению $(\text{Cu} + \text{Pb})/2 + \text{Bi} = 8$ [1, 11].

Для уточнения названия минерального вида мы использовали классификацию, предложенную Э. Мако-



вицким, с указанием процентного содержания айкинитового компонента, которое определяется по формуле $n_a = 25(x + y)/2$, где x — формульный коэффициент Pb, y — формульный коэффициент Cu (рис. 1) [15].

В музейных фондах содержатся две монографические коллекции объемом более 140 единиц хранения, 54 выставочных образца и 4 рабочих коллекции, переданных Д. Н. Литошко. Материал характеризует геологическое строение вольфрам-медно-молибденовых, полиметаллических месторождений и рудопроявлений Полярного Урала. Открытое в 1944 г. Харбейское месторождение относится к достаточно хорошо изученным объектам. Геологическое строение, особенности текtonического районирования, магматизм и метаморфизм этого объекта исследовали А. К. Поляков, А. А. Юсов, В. Н. Охотников, Т. А. Фомиченко, А. А. Пыстин. Наиболее детальная минералогическая характеристика месторождения дана в работах Д. Н. Литошко и В. И. Силаева. На Харбейском месторождении Полярного Урала было установлено более 200 минеральных видов и разновидностей [5, 8].

Рудные тела Харбейского месторождения представляют собой серию согласных минерализованных кварцевых жил, объединяющихся в единую рудную зону протяженностью около 750 м. Нерудными минералами жил являются кварц, эпидот, кальцит, хлорит и мусковит, из рудных минералов в значительном количестве встречаются молибденит, пирротин, халькопирит и молибдошеелит.

Для повторного изучения из коллекций Д. Н. Литошко нами были отобраны образцы, характеризующие позднюю гидротермальную стадию оруденения. Всего проанализировано

6 образцов, в которых автор указал наличие харбеита, а также 10 сопутствующих образцов. В этих образцах детально проявляются особенности строения жилы Главной на Харбейском месторождении. Прожилки рудной минерализации мощностью до 2 мм сосредоточены в кварцевых жилах в ассоциации с халькопиритом и сульфотеллуридами.

Рудная минерализация исследовалась в лабораториях Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Определение состава и структурно-морфологических характеристик минеральных фаз производились с помощью рентгеноструктурного анализа (Shimadzu XRD-6000), рамановской спектроскопии (HR800, Horiba Jobin Yvon) и сканирующих электронных микроскопов (Jeol JSM-6400 с энергодисперсионной приставкой Link и Tescan Vega 3 LMH с энергодисперсионной приставкой X-Max).

Результаты рентгеновского анализа позволили выявить структурные особенности основных рудных минералов (халькопирита, молибденита). Тонкое срастание минералов и небольшие размеры индивидов сульфосмутов свинца и меди не позволили нам корректно интерпретировать полученные результаты.

Микрозондовые исследования выявили парагенетические особенности минерализации и уточнили состав минералов. Наиболее широко распространены сульфосмуты свинца и меди, представленные минералами изоморфного ряда висмутин-айкинитового состава. В этой группе установлены собственно висмутин, айкинит и минералы, близкие к теоретическому составу фридрихита, линдстремита, хаммарита, крупакита и эмилита.

Самым типичным минералом висмутовой минерализации, связанной с гидротермальными процессами рудообразования, является висмутин. На Харбейском месторождении висмутин распространен в виде реакционных оторочек в ассоциации с самородным висмутом, бисмитом и галенобисмутитом (рис. 2, а). По составу висмутин стехиометрически выдержан. В минерале отмечается небольшое (до 0.05 мас. %) содержание меди.

Однако наибольшим распространением пользуется сернистое соединение висмута, образующее удлиненно-призматические кристаллы размером до 0.6 мм. Этот минерал имеет нестабильный химический состав, в котором отношение Bi:S или равно 1:1, что соответствует фазе Bi_2S_2 , или 4:3, которое установлено для икунолита с теоретической формулой Bi_4S_3 (рис. 2, б). Причина появления фазы состава Bi_2S_2 на сегодняшний момент не установлена. Данное соединение пока не отнесено к самостоятельным минеральным видам. Фаза аналогичного состава установлена в рудах месторождения Джимидон (Северная Осетия), Тасна (Боливия), Дарасун (Восточное Забайкалье), в месторождениях Приморья [2, 3, 4, 12]. В составе исследованных фаз обнаружены примеси Cu, Pb и Fe. Помимо отдельных выделений минерал прослежен в ассоциации с другими сульфосолями в виде изометрических зерен неправильной формы размером до 1 мкм. Продуктом окисления данных соединений является сульфат висмута, предположительно канонит.

Широко распространены минералы промежуточного айкинит-фридрихитового состава. Так, нами было обнаружено зерно угловатой формы, размером до 0.5 мм, химический состав которого наиболее близок к стехиометрическому составу айкинита $\text{Cu}_{2.12}\text{Pb}_{2.57}\text{Bi}_{3.31}\text{S}_{5.98}$. От теоретических данных минерал отличается наибольшим содержанием висмута (42.2 мас. %). К айкинит-фридрихитовому ряду отнесены соединения промежуточного состава со средней расчетной химической формулой $\text{Cu}_{2.23}\text{Pb}_{2.74}\text{Bi}_{3.03}\text{S}_{7.49}$. Такие минералы преимущественно развиты в виде зерен неправильной формы в срастании с другими минералами, чаще всего с галенитом (рис. 2, в). Нами установлено в исследованных минералах достаточно стабильное соотношение между формульными коэффициентами меди и свинца, в единицах величины равное 1:1.22, а отношение висмута к вышеприведенным

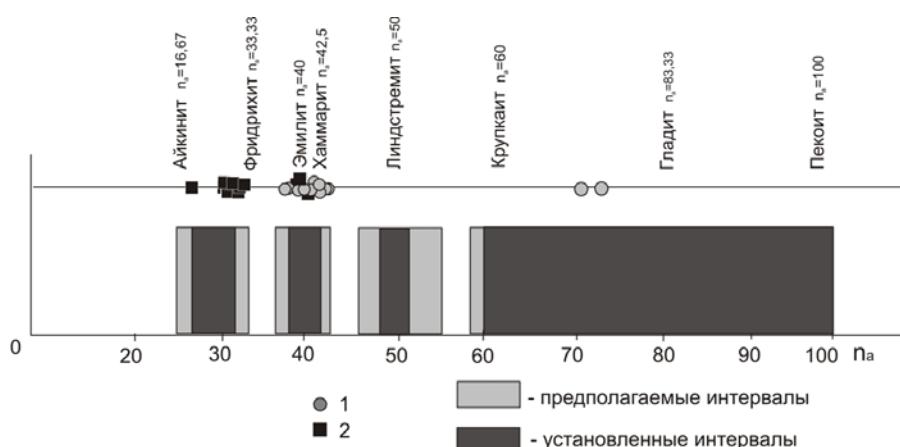


Рис. 1. Позиция минеральных видов висмутин-айкинитового ряда по значениям n_a : 1 — результаты исследований Д. Н. Литошко [4], 2 — наши результаты

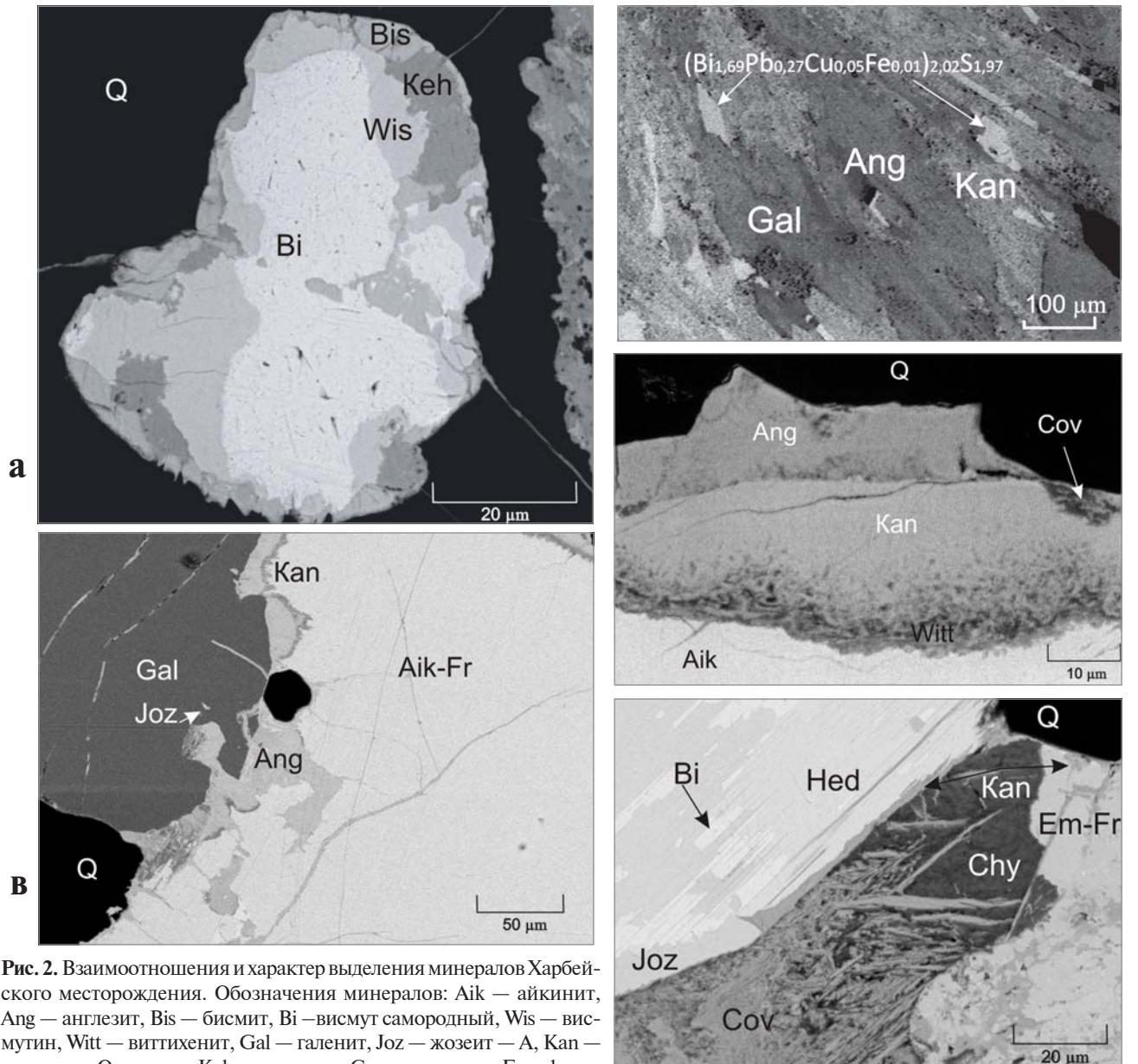


Рис. 2. Взаимоотношения и характер выделения минералов Харбейского месторождения. Обозначения минералов: Aik — айкинит, Ang — англезит, Bis — бисмит, Bi — висмут самородный, Wis — висмутин, Witt — виттихенит, Gal — галенит, Joz — жозеит — A, Kan — каннонит, Q — кварц, Keh — кехлинит, Cov — ковеллин, Fr — фридрихит, Chy — халькопирит, Hed — хедлеййт, Em — эмилит

металлам варьируется в пределах 1.35—1.56. Для минералов айкинит-фридрихитового состава формульные коэффициенты катионной части к анионной соотносятся как 1:1.35. Такое соотношение соответствует среднему значению для этого ряда.

В ассоциации с другими сульфосолями, жозеитом, хедлейитом, галенитом, висмутином и самородным висмутом был обнаружен минерал с промежуточным составом, близким к эмилиит-фридрихитовому ряду. Он образует неправильные выделения размером не более 0.02 мм (рис. 2, д). Эмилиит был обнаружен в ассоциации с сульфосолями в кварц-шешелитовых жилах месторождения Фельбертайль (Австрия) и был зарегистрирован в 2006 г. как новый минеральный вид висмутин-айкинитового ряда с формулой $Cu_{10.7}Pb_{10.7}Bi_{21.3}S_{48}$ [14].

Идеальная формула эмилиита $Cu_{2.68}Pb_{2.68}Bi_{5.32}S_{12}$ с соотношением $Cu:Pb:Bi = 1:1:1.99$ была рассчитана исходя из следующих содержаний, мас. %: Cu=7.65, Pb=24.94, Bi=50.09, S=17.32 [16]. По полученным нами результатам мокрозондового исследования средняя расчетная химическая формула этого минерала — $Cu_{2.12}Pb_{1.97}Bi_{3.88}S_{10.35}$. Данное соединение отличается от теоретического состава эмилиита недостатком висмута, свинца и избытком серы. В рассчитанной формуле минерала отношение основных металлов $Cu:Pb:Bi$ равно 1.07:1:1.96, т. е. близко к стехиometрии эмилиита.

Возможности рамановской спектроскопии не позволили нам уточнить видовую принадлежность сульфовисмутов. В базе данных RRUFF приведены результаты только по конечным

минералам висмутин-айкинитового ряда. Основные пики спектров минералов, близких к фридрихиту и эмилииту, попадают в интервал между эталонными спектрами айкинита и висмутина. Можно предположить, что промежуточное положение спектра связано с особенностями химического состава минералов.

Результаты исследований Д. Н. Литошко были нанесены на диаграмму Bi_2S_3 — Cu_2S — Pb_2S_2 (рис. 3). Графически установлено, что химический состав харбеита соответствует фридрихит-эмилиитовому составу. По данным Д. Н. Литошко расчетная формула харбеита — $Cu_{3.76}Pb_{3.76}Bi_{6.54}S_{17.39}$. Мы провели пересчет его результатов на 8 катионов, который установил среднюю расчетную формулу $Cu_{2.09}Pb_{2.14}Bi_{3.74}S_{9.98}$. В кристаллохимической формуле харбеита соотношение формульных коэф-



фициентов Cu:Pb:Bi=1:1:1.74, а катионной и анионной частей — 1:0.81.

Другие минералы этого ряда (хаммарит, линдстремит, крупкаит) встречаются гораздо реже и образуют выделения размером до 0.5 мм. Тесные мирмекитоподобные срастания и тонкоизвиллистые границы фаз указывают на то, что это различные минеральные виды, а не вариации одного и того же минерала [5].

Минеральные ассоциации сульфосимутов свинца и меди могут быть использованы как показатель физико-химических условий формирования одной из стадий оруденения. Данная ассоциация чувствительна к изменениям температуры, показателям кислотности-щелочности среды. Большая часть минеральных сообществ, принадлежащих к системе Au(Cu)—Pb—Bi—S, кристаллизуется в интервале между 200 и 400 °C [10, 12]. Экспериментальные исследования системы сульфосолей установили температурный интервал их кристаллизации в пределах 330–400 °C [9]. При изменении окислительно-восстановительных условий, химического потенциала серы и кислотно-основных свойств растворов (от кислых к нейтральным и слабощелочным) шло разложение сульфосолей. Растворы насыщались висмутом, свинцом и медью. Катионы висмута и свинца вследствие легкого гидролиза образовывали трудно-растворимые минералы, а наиболее подвижный катион меди выносился. В результате гипергенной минерализации сульфосимутов свинца и меди образовывались реакционные каёмки, сложенные виттихенитом, предположительно каннонитом и англезитом (рис. 1, г). Кристаллизация виттихенита по данным А. А. Годовикова [2], происходит в интервале не выше 350 °C. Данный факт дает возможность предположить, что минералы висмутин-айкинитового ряда на Харбайском месторождении кристаллизовались в интервале 350–400 °C.

Результаты наших исследований позволяют утверждать, что впервые минерал с химическим составом, близким к эмилиту был выявлен Д. Н. Литошко в 1988 г. в кварцевых жилах вольфрам-медно-молибденового Харбайского месторождения. Мы подтвердили находку эмилиита, уточнили название минерала и включили его в кадастровый реестр минералов европейского северо-востока России.

Работа была выполнена в рамках Программы фундаментальных исследо-

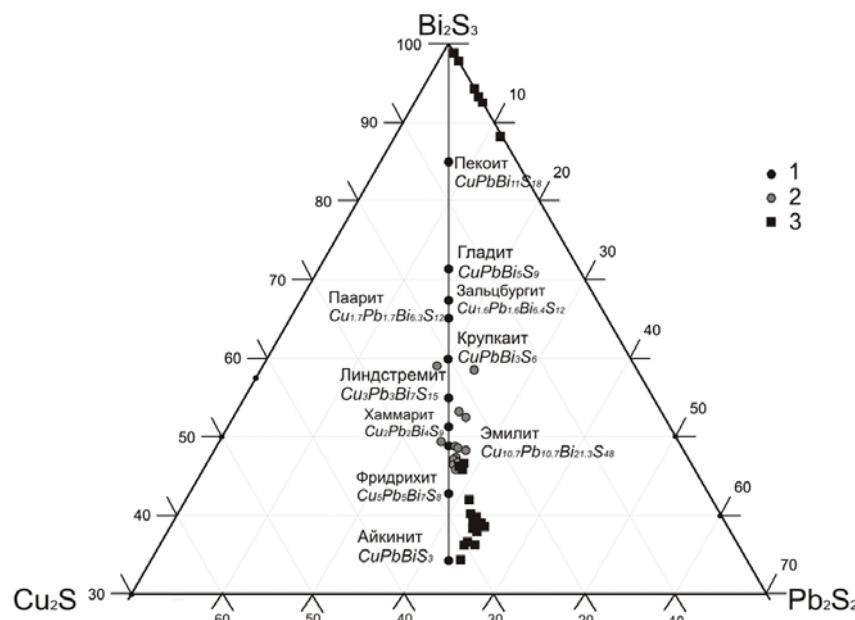


Рис. 3. Фрагмент диаграммы в системе Bi_2S_3 — Cu_2S — Pb_2S_2 минералов Харбайского месторождения.

1 — теоретические составы минералов, 2 — результаты исследований Д. Н. Литошко [4], 3 — наши результаты

ваний РАН № 12-П-5-1011. Авторы благодарят за проведение аналитических работ Б. А. Макеева, С. С. Исаенко, С. С. Неверова и за полезные комментарии Н. П. Юшкина.

Литература

1. Гетманская Т. И., Бородаев Ю. С., Мозгова Н. Н. и др. Висмутовая минерализация Шумиловского оловянно-вольфрамового грейзенового месторождения // Геология рудных месторождений, 1986. № 3. С. 36–46.
2. Годовиков А. А. Висмутовые сульфосоли. М.: Наука, 1972. 303 с.
3. Грознова Е. О., Доброзвольская М. Г., Коноваленкер В. А. и др. Висмутовая минерализация в рудах Pb—Zn месторождения Джимидон (Северная Осетия) // Новые данные о минералах. М., 2005. Вып. 40. С. 72–79.
4. Кривицкая Н. Н. Генетическая минералогия золота в рудах вулканогенно-плутоногенного месторождения золота Дарасун (Восточное Забайкалье) // Годичное собрание РМО. <http://www.minsoc.ru/2010-1-74-0>.
5. Литошко Д. Н. Топоминералогия медно-молибденовой рудной формации Полярного Урала. Л.: Наука, 1988. 212 с.
6. Минералогия Урала: Элементы. Карбиды. Сульфиды / Гл. ред. чл.-корр. АН СССР Н. П. Юшкин. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 390 с.
7. Мозгова Н. Н. Нестехиометрия и гомологические ряды сульфосолей. М.: Недра, 1985. 264 с.
8. Силаев В. И. Эволюция минералообразования в гидротермальных палеосистемах. Л.: Наука, 1989. 264 с.
9. Dimitrova D., Kerestedjian T. Chemical composition of the sulfosalts from the bismuthinite—aikinite series from the western carpathians // Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract Series 5. Szeged, 2006. P. 100.
10. Topa D., Paar H., Balic Zunic T. Emilite, $\text{Cu}_{10.72}\text{Pb}_{10.72}\text{Bi}_{21.28}\text{S}_{48}$, the last missing link of the bismuthinite-aikinite series // The Canadian Mineralogist, 2006. Vol. 44. P. 459–464.

Рецензент
К. Г.-М. Н. Р. И. Шайбеков



УДК: 550.4



ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА ПРИ ИСКУССТВЕННОМ СОЗРЕВАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ В АВТОКЛАВЕ В ПРИСУТСТВИИ ВОДЫ

Д. А. Бушнев, Н. С. Бурдельная, И. В. Смолева

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

boushnev@geo.komisc.ru

Приводятся первоначальные результаты экспериментальных изотопных исследований органического вещества углеродистых толщ. Осуществлено лабораторное моделирование созревания горючих сланцев средневолжского (Сысольский сланценосный р-н) и доманикового (Ухтинский р-н) возраста в автоклаве в присутствии воды. Изучен изотопный состав углерода керогена, а также битумоида, термобитума и их фракций. Показано, что изменения изотопного состава углерода, характерные для юрского и девонского горючих сланцев, различны. Направленность этих изменений задаётся комплексом факторов, среди которых важную роль играют состав исходного органического вещества, геохимические обстановки осадконакопления и в конечном итоге химическое строение керогена.

Ключевые слова: изотопия углерода, кероген, битумоид, искусственное созревание.

CARBON ISOTOPES FRACTIONATION OF OIL SHALE ORGANIC MATTER UNDER ARTIFICIAL MATURATION IN AN AUTOCLAVE IN THE PRESENCE OF WATER

D. A. Bushnev, N. S. Burdel'naya, I. V. Smoleva

Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The initial results of the experimental isotope studies of organic matter rich deposits are presented. The experiments on the artificial maturation of the Upper Jurassic oil shale (Sysola region) and Upper Devonian bituminous shale (Ukhta region) in an autoclave in the presence of water are carried out. The carbon isotopic composition of kerogen, bitumen and its fractions, termobitumen and its fractions were studied. It is shown that changes in carbon isotopic composition characteristic of Jurassic and Devonian shales are different. The direction of these changes is given by a complex of factors including the composition of the initial organic matter, geochemical conditions of sedimentation and, ultimately, the chemical structure of kerogen.

Keywords: carbon isotopes, kerogen, bitumen, artificial maturation.

Изотопный состав углерода даёт важнейшую информацию о многих аспектах накопления и преобразования органического вещества в осадках и осадочных породах [5, 9]. На изотопный состав углерода ископаемого органического вещества оказывают влияние факторы генетические, т. е. насле-

дование от состава исходного органического вещества, и эпигенетические, а именно фракционирование изотопов углерода уже захороненного органического вещества. Наследственные факторы зависят в свою очередь от комплекса причин, и прежде всего от строения молекулы, влияние которо-

го на изотопный состав углерода хорошо описывается введённой Э. М. Галимовым величиной $\beta^{13}\text{C}$. Нельзя сбрасывать со счетов и роль конкретных биохимических механизмов формирования органического вещества. Например, обращённый цикл трикарбоноевых кислот, используемый, в частно-



сти, зелёными серными бактериями рода *Chlorobiaceae*, приводит к аномальному утяжелению их липидов до $-18\ldots-20\text{‰}$ $\delta^{13}\text{C}$ [12]. На изотопно-неоднородный состав исходного органического вещества накладывается степень его вовлечения в процессы консервации в ходе диагенеза. Так, обстоятельства, благоприятные для сохранения в осадках углеводородов за счёт их осернения, приводят к формированию изотопно-тяжелого керогена типа II-S [11], в том числе и керогена средневолжских горючих сланцев [4]. Целью данной работы является экспериментальное моделирование процесса природного катагенеза керогена и изучение изменений, происходящих в составе органического вещества на изотопном уровне.

Экспериментальная часть

Для проведения водного пиролиза нами были использованы автоклавы объемом 78 мл. Загруженные породой и водой автоклавы помещались в печь и выдерживались при температурах 250, 275, 300 и 325 °С в течение 24 часов [1]. Температура задавалась электронным термоконтроллером, встроенным в печь, и дополнительно контролировалась хромель-алюмелевой термопарой (тип K). Водный раствор, кусочки сланца и стенки автоклава промывали хлороформом. Расщепленную породу экстрагировали хлороформом в аппарате Сокслета.

Объединённый экстракт разделяли на фракции методом жидкостной хроматографии. Исследования изотопного состава углерода (ИСУ) керогена, битумоида и его фракций производились с использованием масс-спектрометра Delta V Advantage (Thermo), со-пряженного с элементным анализатором Flash EA. Погрешность измерений ИСУ составила 0.15 ‰.

Результаты и их обсуждение

Для проведения опытов были отобраны два образца углеродистых пород различного возраста и происхождения (см. таблицу). Это горючий сланец позднеюрского (средневолжского) возраста, отобранный из обнажения по р. Сысоле, вблизи с. Койгородок (РК), и горючий сланец позднедевонского (доманикового) возраста, отобранный из обнажения по р. Чуть (г. Ухта, РК). Кероген исследованных пород различается по химическому строению, составу исходного органического вещества, доминировавшим в ходе диагенеза химическим процессам [2, 3].

Изотопный состав углерода нефракционированного битумоида и остаточного керогена

Углерод битумоида из сланца доманика несколько легче, чем углерод битумоида юрского сланца. Термическое воздействие на породу приводит к разнонаправленному изменению ИСУ нефракционированного битумоида пород доманика и юры. Для термобитумов доманика оказалось характерным облегчение изотопного состава углерода с возрастанием температуры обработки породы в автоклаве. Значения $\delta^{13}\text{C}$ меняются здесь от -28.5‰ для исходного битумоида до -28.8‰ для битумоида, полученного при термообработке породы при 325 °С (рис. 1). Изменение значений $\delta^{13}\text{C}$ термобитума при повышении температуры водного пиролиза при этом происходит равномерно. Углерод термобитумов, полученных при обработке юрского горючего сланца в автоклаве, с возрастанием температуры, напротив,

становится более тяжелым. Здесь резкий скачок происходит при переходе от битума исходного сланца к термобитуму, образовавшемуся при минимальной температуре опыта, затем изменения ИСУ становятся менее выражеными. В изотопном составе углерода керогена как доманика, так и юры при термическом воздействии на сланец в присутствии воды в интервале температур 250–325 °С значительных изменений не наблюдается. Отклонения значений $\delta^{13}\text{C}$ остаточного керогена от среднего не превышают погрешности измерения. Отсутствие фракционирования изотопов углерода остаточного керогена фиксировалось ранее при нагреве в автоклаве рифейского аргиллита до 330 °С и небольшое утяжеление — при нагреве до 370 °С [7]. Такое стабильное значение ИСУ характерно и для природных серий керогенов различных стадий катагенеза [8]. Данные по ИСУ керогена и битумоида $D_3\text{dm}$, представленные на общем

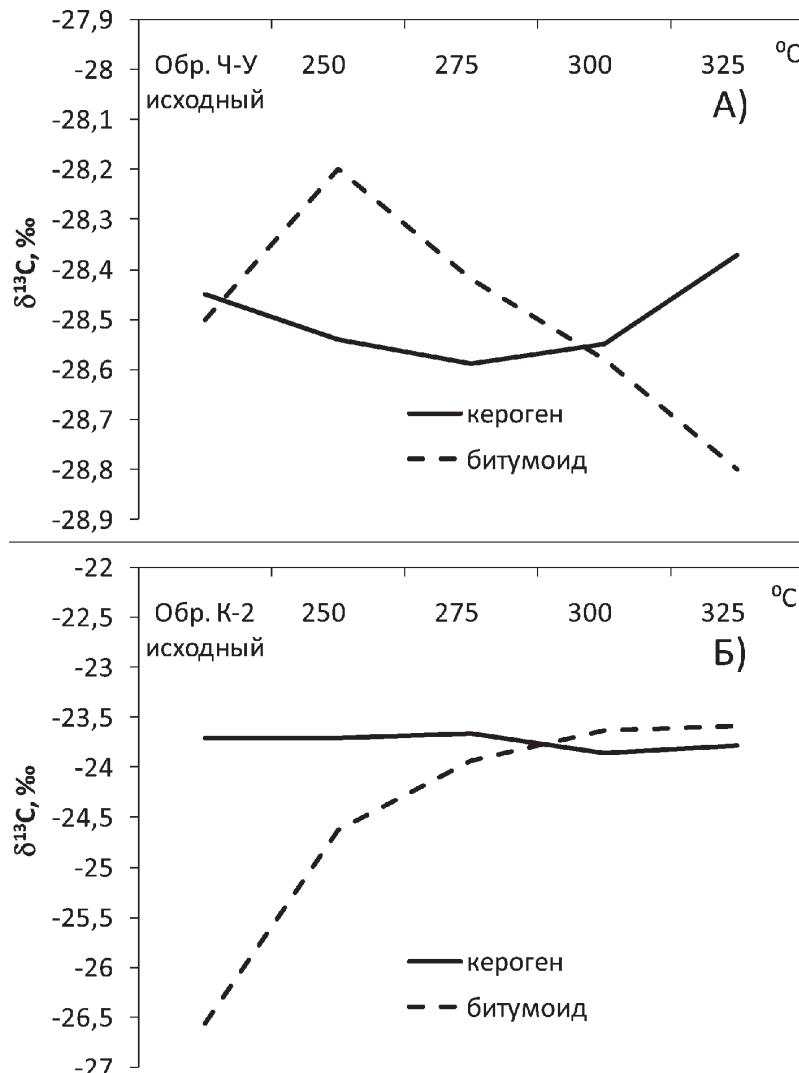


Рис. 1. Графики зависимости изотопного состава углерода битумоида, термобитума и остаточного керогена из образцов доманика (А) и поздней юры (Б) от температуры обработки породы в автоклаве



графике (рис. 1, А) показывает «пересечение» кривых «термобитум» и «кероген» при температуре автоклава 300 °C, ниже этой температуры в исходной породе углерод битумоида изотопно тяжелее, чем углерод керогена. При температуре автоклава 325 °C битумоид облегчается по сравнению с остаточным керогеном. Учитывая, что подсчёт массового баланса не позволяет сделать вывод об уходе больших количеств газа при термолизе углеродистого сланца в автоклаве, можно заключить, что колебания ИСУ остаточного керогена D₃dm при температурах 250—300 °C обусловлены неоднородностью пробы и погрешностью эксперимента, а имеющее такой же порядок отклонение ИСУ остаточного керогена от среднего при 325 °C значимо и связано с фракционированием ¹³C между новообразованным термобитумом и остаточным керогеном. Анализ данных по ИСУ остаточного керогена и термобитума, полученных при обработке средневолжского горючего сланца в автоклаве, свидетельствует о противоположной доманику тенденции изменения ИСУ с возрастанием температуры обработки породы в автоклаве (рис. 1, Б).

Изотопный состав углерода фракций битумоида и термобитума

Асфальтены представляют собой наиболее высокомолекулярную часть битумоида, считается, что они структурно близки к исходному керогену [6]. Изотопный состав углерода асфальтенов термобитумов мало изменяется с возрастанием температуры. Так, в термобитуме доманикового сланца наблюдается незначительное (на 0.3 %o) облегчение ИСУ при повышении температуры от 275 до 300 °C. У асфальтенов термобитума юрского сланца отмечается нечётко выраженная тенденция к облегчению ИСУ, при этом их углерод существенно изотопно тяжелее, чем углерод асфальтенов битумоида исходной породы (рис. 2).

ИСУ полярной фракции термобитума (F3, смолы спиртобензольные) сланца доманика при некоторых отклонениях имеет выраженную тенденцию к облегчению. Так, повышение температуры обработки от 250 до 325 °C приводит к изменению величины $\delta^{13}\text{C}$ от -28.3 до -28.9 %. При водном пиролизе углерод полярной фракции термобитума юрского сланца с возрастанием температуры, наоборот, утяжеляется: $\delta^{13}\text{C}$ изменяется от -27 %o в битумоиде исходной по-

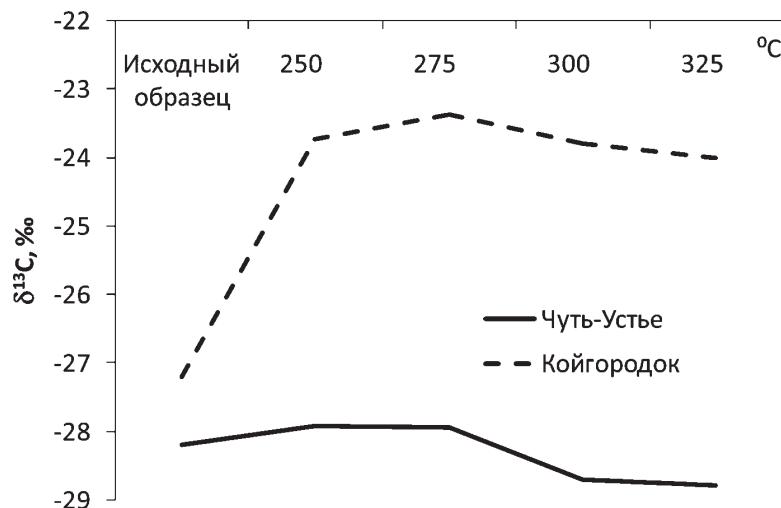


Рис. 2. Графики зависимости изотопного состава углерода асфальтенов битумоида и термобитума образцов горючих сланцев доманика и поздней юры от температуры обработки породы в автоклаве

роды до -23 ‰ в термобитуме, полученному при 325 °C.

Углерод алифатической фракции битумоида (F4, метано-нафтеноная, парафино-циклогексановая) и доманиковых и юрских образцов с повышением температуры водного пиролиза становится изотопно более тяжелым. Величина сдвига значения $\delta^{13}\text{C}$ при переходе от термобитума, образовавшегося при 250 °C к термобитуму, получившемуся при 325 °C, близка для обеих толщ и составляет 1.2—1.5 %. При этом алифатические компоненты термобитума юрского сланца изотопно тяжелее доманиковых (рис. 3). Следует отметить, что в результате автоклавирования юрского сланца при максимальных температурах опыта получен термобитум, содержащий довольно тяжелый углерод алифатической фракции. Ранее мы вслед за авторами работы [11] полагали, что утяжеление изо-

топного состава керогена юрских сланцев, содержащих кероген второго типа до значений -22...-25 ‰, соотносится с преимущественной консервацией изотопно тяжелых углеводородов вследствие их осернения. Согласно результатам [10] осернённые фрагменты углеводородов при катагенезе и пиролизе «не попадают» в алифатическую фракцию, следовательно в нашем случае утяжеление ИСУ алифатической фракции юрского термобитума остается предметом дальнейших исследований.

В ароматической фракции битумоида (F5) и юрского и доманикового сланца заметно изменяется ИСУ при обработке породы в автоклаве в присутствии воды, причём направление этих изменений у исследованных нами образцов оказалось противоположным (рис. 4). С повышением температуры ароматическая фракция битумоида доманика существенно облегчает изотоп-

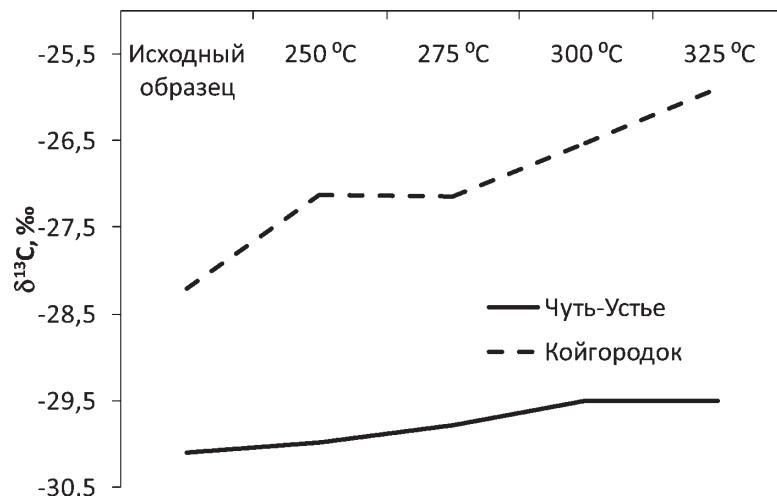


Рис. 3. Графики зависимости изотопного состава углерода алифатической фракции битумоида и термобитума образцов горючих сланцев доманика и поздней юры от температуры обработки породы в автоклаве

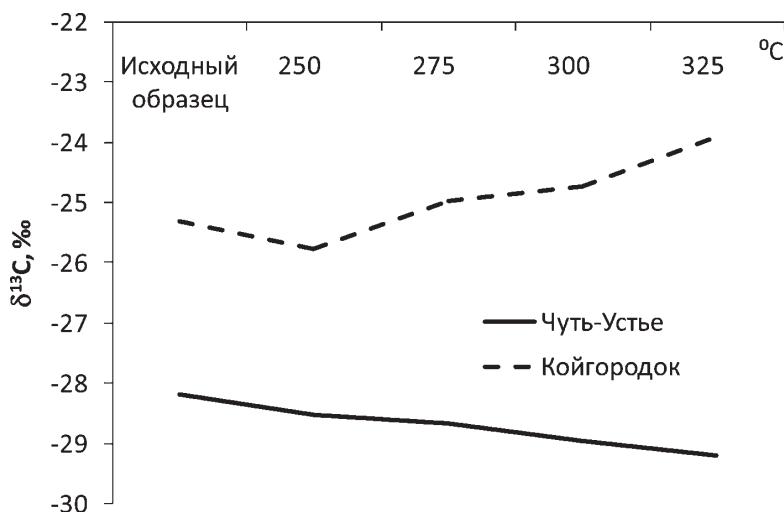


Рис. 4. Графики зависимости изотопного состава углерода ароматической фракции битумоида и термобитума образцов горючих сланцев доманика и поздней юры от температуры обработки породы в автоклаве

ный состав углерода. У юрского сланца наблюдается противоположная тенденция: содержание изотопа ^{13}C в ароматической фракции термобитума при повышении температуры обработки породы в автоклаве возрастает.

Заключение

Вполне очевидным является тот факт, что при протекании процесса термического разложения керогена углеродистой породы ИСУ фракций новообразованного термобитума и остаточного керогена находится во взаимосвязи с массовыми долями фракций, выходом термобитума и изотопным отношением $\delta^{13}\text{C}$ отдельных фракций. Отклонения могут быть вызваны как погрешностями измерения массовых выходов ИСУ, так и наличием неучитываемых в нашем опыте газовых компонентов термолизата.

При искусственном созревании органического вещества горючих сланцев в автоклаве в присутствии воды наблюдается изменение изотопного состава углерода битумоида и его фракций и, в меньшей мере, остаточного керогена. С повышением температуры опыта происходит накопление тяжелого изотопа углерода в термобитуме юрского горючего сланца и снижение его концентрации в термобитуме девонского сланца. Основная причина этих отличий — различные механизмы накопления органического вещества в соответствующих ископаемых осадках, вовлекавшегося в процесс консервации. Так, органическое вещество юрского горючего сланца накапливалось в условиях интенсивного осернения исходного органического вещества в раннем диагенезе, когда с восстановлен-

ными формами серы связывались не только липиды, но и углеводы [3], что отразилось и в изотопном составе углерода керогена [4]. Точный комплекс механизмов, способствовавших формированию высоких концентраций органического вещества в доманиковых отложениях, к настоящему времени менее полно охарактеризован, однако можно с уверенностью говорить о сильном влиянии процесса селективного захоронения алгаенана и, возможно, других максимально устойчивых компонентов исходного органического вещества и о меньшем, по сравнению с поздней юрой, влиянии процесса раннедиагенетического осернения [2, 3]. Мы полагаем, что изначально различный изотопный состав периферийных частей макромолекул керогена, подвергающихся в первую очередь термическому отщеплению от матрицы, в сочетании с различиями в способах их сочленения с матрицей и приводят к несовпадению трендов ИСУ битумоида и его фракций, полученных из разных образцов горючих сланцев. Раскрытие найденных закономерностей, в том числе и на молекулярном уровне, будет предметом наших дальнейших исследований.

Авторы благодарят д. г.-м. н. И. В. Гончарова за возможность выполнения пиролиза Rock-Eval в ТомскНИИНефть.

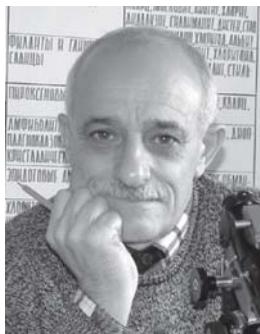
Авторы признательны рецензенту к. г.-м. н. С. Н. Шаниной за важные замечания, способствовавшие улучшению статьи.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 11-05-00699-а, программ УрО РАН: № 12-У-5-1027 и 12-М-57-2047.

Литература

1. Бушнев Д. А., Бурдельная Н. С., Терентьев А. В. Изменения состава битумоида и химической структуры керогена сернистого горючего сланца при водном пиролизе // ДАН, 2003. Т. 389. № 3. С. 360—364.
2. Бушнев Д. А., Бурдельная Н. С. Химическая структура керогена и условия его формирования // Геология и геофизика, 2009. Т. 50. № 7. С. 822—829.
3. Бурдельная Н. С., Бушнев Д. А. Фрагмент химической структуры II и II-S типов керогена верхнеюрских и верхнедевонских отложений Восточно-Европейской платформы // Геохимия, 2010. № 5. С. 525—537.
4. Бушнев Д. А., Смолева И. В. Изотопы углерода органического вещества позднеюрских горючих сланцев Волго-Печорской сланцевой провинции и механизмы его накопления // ДАН, 2011. Т. 441. № 2. С. 227—229.
5. Галимов Э. М. Изотопы углерода в нефтегазовой геологии. М.: Недра, 1973. 384 с.
6. Конторович А. Э., Борисова Л. С., Меленевский В. Н. Некоторые важнейшие черты геохимии асфальтенов нефти // Геохимия, 1987. № 10. С. 1423—1432.
7. Меленевский В. Н., Конторович А. Э., Вуу-Лианг Хуанг, Ларичев А. И., Бульбак Т. А. Аквапиролиз органического вещества рифейского аргиллита // Геохимия, 2009. № 5. С. 504—512.
8. Buchardt B., Clausen J., Thomsen E. Carbon isotope composition of lower palaeozoic kerogen: Effects of maturation // Org. Geochem., 1986. Vol. 10. № 1—3. P. 127—134.
9. Galimov E. M. Isotope organic geochemistry // Org. Geochem., 2006. Vol. 37. P. 1200—1262.
10. Van Dongen B. E., Schouten S., Sinninghe Damsté J. S. Sulfurization of carbohydrates results in the S-rich, unresolved complex mixtures of kerogen pyrolysates // In Proceeding of the 20th International Meeting on Organic Geochemistry, 2001. Nancy, France: Abstracts. Part II. Pp. 327—328.
11. Van Kaam-Peters H. M. E., Schouten S., Köster J., Sinninghe Damsté J. S. Controls on the molecular and carbon isotopic composition of organic matter deposited in a Kimmeridgian euxinic shelf sea: Evidence for preservation of carbohydrates through sulfurisation // Geochim. Cosmochim. Acta, 1998. Vol. 62. Pp. 3259—3284.
12. Van der Meer M. T. J., Schouten S., Sinninghe Damsté J. S. The effect of the reversed tricarboxilic acid cycle on the ^{13}C contents of bacterial lipids // Org. Geochem., 1998. Vol. 28. Pp. 527—533.

Рецензент
к. г.-м. н. С. Н. Шанина



УДК 550.8 014:553.31.265

ПАРАДОКСЫ ГЕОХИМИИ МАРГАНЦА

Я. Э. Юдович

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
yudovich@geo.komisc.ru

Как впервые подчеркнуто В. И. Вернадским (1934 г.), геохимия марганца несет черты парадоксальности. Эта парадоксальность объясняется мощным влиянием биоса, обеспечивающим такой характер процессов концентрации и рассеяния, окисления и восстановления марганца, которые зачастую идут, казалось бы, вопреки законам термодинамики. На основе обобщения современных данных выделены и описаны девять парадоксальных черт геохимии и рудогенеза марганца.

Ключевые слова: геохимия марганца, Вернадский, железомарганцевые конкреции (ЖМК), осадочный рудогенез.

PARADOXES OF Mn-GEOCHEMISTRY

Ya. E. Yudovich

Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

V. I. Vernadsky (1934) pointed for the first time, that Mn-geochemistry has some paradoxical features due to the strongest action of bios. Such the action causes some redox state, concentration and dispersion processes which are in contrast with «normal» thermodynamics. Based on modern data outline, nine paradoxes are showed and described.

Keywords: *Geochemistry of Mn, V. I. Vernadsky, Fe-Mn nodules, sedimentary ore genesis.*

На черты парадоксальности в геохимии марганца обратил внимание еще В. И. Вернадский. Он же дал и гениально верное объяснение причины этой парадоксальности: она заключается в мощном влиянии биоса на поведение марганца, обеспечивающее концентрацию и рассеяние, окисление и восстановление Mn, идущие, казалось бы, вопреки законам термодинамики [4].

В наши дни объем фактического материала в геохимии Mn неизмеримо возрос; главным источником новой информации стал океан и специфические стратифицированные морские бассейны, о которых во времена Вернадского почти ничего не знали. Что касается роли биоса, то и она теперь наполнилась конкретным (и зачастую поразительным) содержанием (например, [13, 14]).

Ниже мы попытаемся обрисовать некоторые парадоксальные моменты в геохимии Mn – так они представляются нам на основе нашего регионально-геохимического опыта (регион севера Урала, Тимана и сланцевой зоны Пай-Хоя) [11, 28, 29, 36], а также на осмыслении литературы по геохимии и рудогенезу марганца, в которой выделяется основополагающий очерк, составленный Г. Н. Батуриным в 1986 г. и до сих пор не имеющий себе равных по широте и глубине обобщения [2]. Из современных работ выделяется «синтетичес-

кая» концепция В. С. Савенко [18], развивавшаяся им на протяжении 20 лет. Она дает новое истолкование феномена ЖМК – генезиса железомарганцевых конкреций океана, которые формировались с фантастически низкой скоростью (не имеющей аналога в геологии) – порядка первых сантиметров за миллион лет! При этом пелагические осадки, на которых лежат «непотопляемые» ЖМК, накапливались на три порядка быстрее (хотя тоже по меркам «шельфовой» седиментации, создавшей практически всю стратисферу, т. е. крайне медленно, со скоростями в сантиметры за тысячу лет).

Ниже мы с долей условности разделим материал на две части: (1) особенности «кларковой» геохимии Mn и (2) особенности концентраций Mn в нескольких генотипах марганцевых руд: никопольских, океанских ЖМК и аллювиальных.

ПАРАДОКСЫ «КЛАРКОВОЙ» ГЕОХИМИИ МАРГАНЦА

Парадокс № 1 («главный парадокс Вернадского») – поразительное несходство эндогенной и гипергенной геохимии марганца

Все другие парадоксы по отношению к этому главному парадоксу являются частными случаями и обычно прямо или косвенно с ним связаны. В своем очерке «Геохимическая история мар-

ганца», опубликованном в 1934 г. [4, с. 82–100], В. И. Вернадский подчеркнул две особенности геохимии Mn, резко отличающие ювенильные процессы, протекающие в магмосфере, от фреатических (метаморфических) и вадозных (гипергенных – биосферных).

1. В ювенильных процессах Mn находится в состоянии изоморфного рассеяния в двухвалентном состоянии Mn(II) и почти не образует собственных минералов в изверженных горных породах, будучи тесно связанным с преобладающими по массе Fe, Mg, Ca. «Большая часть ювенильного марганца сосредоточилась в них в виде многочисленных изоморфных подмесей, главным образом в силикатах, алюмосиликатах, алюмоборосиликатах, феррисиликатах, ферритах, алюминатах, фосфатах, титанатах и сложных титаносиликатах» [4, с. 84]. Хотя собственные минералы марганца в ювенильных процессах иногда и встречаются (скаккит $MnCl_2$ в вулканических эманациях), «массы, или образуемые,ничтожны» [4, с. 83].

2. В биосфере и стратисфере марганец находится в окисленном состоянии в формах Mn(III) и Mn(IV). Здесь он дает мощные концентрации в виде «многих десятков» собственных минералов, из которых самыми стойкими являются пиролюзит MnO_2 аq и полианит MnO_2 ¹.

¹ Так называли кристаллическую разновидность пиролюзита.



Различие эндогенной и гипергенной геохимии марганца настолько велико, что фактически Mn(II) и Mn(III, IV) выступают как два разных химических элемента! Поэтому возникает вопрос: «*Какая сила создает эту концентрацию марганца в поверхности земной оболочки, которая очищает марганец от других элементов, с которыми он так связан повсюду в других нахождениях?*» [4, с. 91]. Хотя в 1934 г. Вернадский еще не имел «полного ответа» на свой вопрос, ему было ясно, «что в этой концентрации марганца два явления имеют наибольшее значение: *живое вещество и природная вода*», при этом что «*природная вода термодинамической оболочки, нами изучаемой, всегда полна жизни и что все ее химические реакции в значительной, ясно уловимой мере определяются химическими свойствами живого вещества. Ее кислород к тому же всегда биогенный*» [4, с. 92].

Поэтому Вернадский решительно поддержал идеи своих предшественников о биогенной природе аморфных оксигидроксидов Mn – так называемых вадов²: «*Никакое другое объяснение не соответствует наблюдаемым фактам*» [4, с. 92]. Как известно, через полвека работами минералогов школы акад. Ф. В. Чухрова *бактериальная природа вернадита* (Mn^{4+} , Fe^{3+} , Ca, Na)(O, OH)_nH₂O была доказана экспериментально [32]. Вернадит образуется при очень быстром бактериальном окислении Mn^{2+} в корах выветривания и при формировании океанских ЖМК. Замечательно, что на первое место по значимости в биосферной геохимии Mn Вернадский ставил именно микробиологические процессы: «*Мельчайшие существа, центры энергии, лучистой космической энергии Солнца, преображенными процессами жизни, вызывают величайшие по земному масштабу геохимические явления. Они совершенно изменяют геохимическую историю марганца*» [4, с. 92].

Парадокс № 2: высокая биофильность и, напротив, весьма умеренная органофильтрация марганца

Будучи обязательным компонентом многих ферментов-оксидаз, марганец постоянно присутствует в живом веществе – как в растениях, так и в животных. Если ограничиться одним морским планктоном – наиболее важным для геохимии марганца компонентом биосферы, и принять современную оценку среднего содержания

Mn в морской воде 0.027 мкг/л [2] (а не 2 мкг/л, фигурировавшие даже у А. П. Виноградова в его замечательной книге [6]), то при медианном содержании Mn в сухом планктоне 15±6 г/т [34], средний коэффициент биологического поглощения марганца составит 15 г/т/ 2.7×10^{-5} г/т = 5.6×10^5 . Таким образом, марганец оказывается высоко биофильным элементом, в чем проявляется *концентрационная функция живого вещества* (по Вернадскому). Уже во времена Вернадского были известны некоторые растения и животные, сильно концентрирующие марганец: обитающая на литорали морская трава *Zostera maritima*, наземная *Carex hirta* (осока мохнатая), лишайники, некоторые грибы, бактерии *Crenotrix* и *Leptotrix*; последние содержат до 6–7 % Mn. Кроме этих бактерий-автотрофов, аналогичных ферробактериям, Вернадский указывал еще почвенную гетеротрофную бактерию *Bacterium manganicum*, способную окислять карбонат марганца [4, с. 93–94]. *Этому процессу в последнее время придают исключительное значение в истории биосферы*, связывая с ним переход от аноксигенного фотосинтеза (с помощью бактериохлорофилла) – к оксигенному, которому в ходе биологической эволюции «научились» цианеи, производя его с помощью хлорофилла [25].

Однако *барьерная функция* органического вещества (т. е. отмершего и подвергшегося посмертальному изменению живого вещества) проявилась слабо. Действительно, Mn (в отличие от многих других биофильных «микроэлементов», например, Mo, Cu, Zn, Co) не накапливается в углеродистых биолитах – почвах, углях и черных сланцах [5, 33, 34], г/т:

бурые угли	100±5,
каменные угли	70±6,
черные сланцы	440–880,
почвы	850.

Разница оценок кларка Mn в черных сланцах обусловлена разницей методики расчетов, но в любом случае кларк Mn в них (при отсутствии вулканогенного привноса!) не выше, чем в почвах, а в почвах лишь незначительно выше, чем в нормальных осадочных породах (740 г/т [8]). Что касается углей, то марганец аттестуется как элемент *неуглефильтрный*: коэффициент его углефильтрации (среднее содержание Mn в золах 500 г/т/среднее содержание в осадочных породах

740 г/т) равен 0.7. Дело в том, что реализации барьерной функции ОВ (т. е. надкларковому накоплению Mn в углеродистых биолитах) мешает проявление *транспортной функции* ОВ, а именно формирование марганцем *растворимых комплексов с гумусовым ОВ* в виде фульвокислот (ФК) и гуминовых кислот (ГК). Например, в морской воде согласно обобщению В. С. Савенко на растворенную форму Mn_{org} приходится 20–30 % всего растворенного марганца [18, с. 100]. Поэтому *в средах, где концентрируется ОВ, вынос марганца в форме Mn_{org} резко преобладает над его накоплением!* [33, с. 532].

Парадокс № 3 («парадокс Ронова»): фациальный антагонизм кларкового и рудного (осадочного) марганца

Кларковый марганец отчетливо льнет к относительно глубоководным фациям, тогда как рудный марганец осадочного генотипа, наоборот, скапливается на мелководье – на самом узком нижекларковом фоне. Этот парадокс был подмечен А. Б. Роновым [16], который именно на этом основании усомнился в теории поставки рудного марганца с континента [22]. Действительно, в огромном большинстве случаев на фациальном профиле *континентальные* ⇒ *прибрежно-морские* ⇒ *более глубоководные* ⇒ *пелагические фации* оклокларковые концентрации Mn нарастают. Эта эмпирическая закономерность настолько надежна, что может служить даже индикатором глубоководных фаций [31]. Между тем гигантские или очень крупные месторождения олигоценовые Никополь, Большой Токмак, Манышлақ, Чиатура, меловые Марокко и Грут-Айленд относятся к заведомо мелководным, вплоть до литоральных!

Парадокс разрешается полным отказом от жесткой привязки Mn к корам выветривания на континенте (в случае олигоцена Паратетиса совершиенно мифическим) и радикальным изменением механизма осадочного рудогенеза, а именно – *заменой терригенного марганца на гидрогенический (мариногенный)*. Это означает полное признание знаменитой идеи Д. Г. Сапожникова [20], еще в 1967 г. взглянувшего на Черное море как на потенциальный ресурс рудного марганца [21]. Осадочные месторождения «олигоценового генотипа» сформировались скорее всего путем выплес-

² Так называли порошковатую землистую разновидность псиломеланов.



кивания («Мп-апвеллинга»?) на аэрируемое мелководье огромного ресурса растворенного марганца, накопленного в длительно существовавших эвксинных бассейнах [15, 20, 31]³.

Парадокс № 4 – странное сочетание фациального и вулканического факторов вышекларкового накопления марганца

В 1968 г. в фамене-турне Елецкой («карбонатной») зоны Печорского Урала нами был обнаружен *Подчеремский феномен* – накопление Mn в депрессионных фациях глинистых и/или кремнисто-глинистых известняков [28], как потом оказалось, еще ярче проявленный севернее – в нижнем карбоне р. Кожым [35]. Этот феномен был сразу же истолкован в духе «разнуданного актуализма» по аналогии с накоплением Mn в современных впадинах Балтики, где Mn заведомо терригенный. Но такое объяснение просуществовало только до начала наших работ в палеобатиальной Лемвинской (сланцевой) зоне севера Урала и Пай-Хоя, когда выяснилось, что в стратиграфическом интервале $D_3^2 - C_1^1$ находится огромный по протяженности (надрегиональный) вулканогенный марганцевый геохимический горизонт [26, 30]. И тогда вдруг выяснилось, что и в палеошельфовой Елецкой (карбонатной) зоне в депрессионных фациях накапливается именно вулканогенный марганец. «*Но тогда отчего обогащение Mn проявилось только в депрессионных фациях Елецкой зоны и совершенно незаметно в мелководных? Причина могла состоять в том, что депрессии на шельфе были гидродинамическими ловушками для Mn-звезди не только терригенной, но и талассогенной, поступавшей со стороны геосинклинального моря, где эта звезда могла образоваться при окислении экскальятивных Fe и Mn, поступавших в бассейн при подводном вулканизме*» [28, с. 143].

А поскольку в депрессионных фациях хорошо сохраняется органическое вещество, то они, как общее правило, – черносланцевые. И, таким образом, *именно в способности депрессионных фаций быть ловушками гидротермального (= экскальятив-*

ного) марганца и заключается причина формирования так называемых марганценосных черносланцевых формаций, что было особенно характерно для докембрийских морских бассейнов. К этой идеи уже давно пришли многие геологи и, в частности (с наиболее сильной аргументацией), Е. М. Гурвич, изучавшая месторождения марганца в рифейских черносланцевых формациях Енисейского кряжа [10].

ПАРАДОКСЫ «РУДНОЙ» ГЕОХИМИИ МАРГАНЦА

Парадокс № 5 – поразительное несходство Никополя и Чиатуры

Этот парадокс почему-то до сих пор никем не был отмечен; между тем во всех учебниках олигоценовые месторождения-гиганты – южно-украинские (Никополь, Большой Токмак) и грузинские (Чиатура) – издавна объединяют в единый осадочный генотип, который называют либо «никопольским», либо «никопольско-чиатурским». Действительно, черты сходства этих месторождений совершенно очевидны: геологический возраст руд (пренебрегая деталями: в Грузии не-промышленное оруденение заходит и в верхи мела – эоцен и в низы миоцена), минеральный состав руд (включая элементы фациальной зональности: от карбонатных через смешанные к оксидным), их мономарганцевый состав (опять-таки пренебрегая деталями – признаками сульфидного оруденения в Грузии), строгая стратiformность полого залегающих рудных тел и огромные запасы высокопроцентных марганцевых руд.

Однако «всё остальное» различается коренным образом. Совершенно не одинакова палеогеография олигоценового рудогенеза: на Украине это была трансгрессия Паратетиса на плоский континент древнего Украинского кристаллического щита, а в Грузии – на срединный Квирильский массив с палеозойским фундаментом и мел-эоценовым чехлом, с очень сложным «клавишным» рельефом, обусловленным разломами фундамента и чехла. Соответственно различались и продукты терригенного сноса: на Украине это был, по-видимому, сильно усредненный материал эрозии докембрийских

кристаллических пород, а в Грузии – разнородный материал, поступавший из весьма пестрого по вещественному составу обрамления Квирильской депрессии – Дзирульского массива на востоке, Окрибского поднятия на севере, Аджаро-Триалетского поднятия на юге [24]. В олигоцене Украины мы не видим никаких признаков вулканизма; рудовмещающая толща сугубо терригенная, крайне мелководная, сформированная в бухтах и заливах вдоль кромки низменного континента. В Грузии же в рудоносной толще доминируют силициты-спонголиты, присутствуют опалиты, глауконититы, фосфаты, сульфиды, в породах содержится масса клиноптилолита, в подрудных и надрудных слоях имеются настоящие бентониты [1] – все это совершенно явственные признаки вулканизма или по крайней мере (как считают грузинские геологи [9]) гидротермальной активности⁴. И породы рудоносной толщи здесь отнюдь не мелководные, а в самой глубокой части Квирильской депрессии (с наиболее мощными и богатыми рудами) терригенный снос в период рудообразования вообще был почти полностью выключен.

Получается, что однотипные руды сформировались в совершенно разных тектонических, палеогеографических и фациальных обстановках! Этот парадокс разрешается точно так же, как и предыдущий: отказом от терригенного источника марганца и принятием концепции Д. Г. Сапожникова, согласно которой марганценосные эвксинные воды Паратетиса могли трансгрессировать как в пределы кратона (на юге Украины), так и в пределы Кавказской подвижной области (в Грузии).

Парадокс № 6 («первый парадокс В. С. Савенко»): океанские ЖМК существуют и растут, не растворяясь, – вопреки термодинамике!

В экспериментах В. С. Савенко по определению растворимости синтезированных оксигидроксидов Mn(IV) в 0.7 M растворе NaCl при «оceanской» температуре около 6 °C было показано, что «*расторимость свежеосажденных оксигидроксидов марганца (IV) должна быть равной ~50 мкг Mn/l, что намного большие концентрации марганца в придон-*

³ Механизм этого апвеллинга мог быть либо экзогенным-гидродинамическим, как предполагал Д. Г. Сапожников – при подъеме глубинных вод в устьях проливов и возле островов [20], либо тектоническим, как считал А. А. Рожнов, т. е. вследствие поднятия по разломам отдельных блоков морского дна [15].

⁴ Однако эта идея сомнительна, ибо в гидротермальных рудах Mn тесно связан с Fe, чего как раз нет в осадочных месторождениях никопольско-чиатурского типа.



ных водах и имеет тот же порядок величины, что и в поровых водах пелагических осадков» [18, с. 88]. Это означает, что в резко недосыщенной марганцем морской воде (по современным оценкам, всего на уровне 0.н–0.0п мкгMn/л – [2], **океанские ЖМК теоретически существовать не могут – они должны растворяться**). Парадокс разрешается вполне сказочным путем – вследствие того, что злая волшебница Кинетика побеждает добрую волшебницу Термодинамику [27]. Оказывается, «накопление <...> на дне океана ЖМК, которые, исходя из относительно высокой растворимости, должны растворяться в морской воде, объясняется смещением динамического равновесия растворение – осаждение в пользу последнего <...>» [18, с. 85]. Это смещение состоит в том, что седиментационный поток Mn в осадок превышает диагенетический поток Mn из осадка:

• Седиментационный поток взвешенного Mn в пелагии океана, принимая скорость седиментации 1–3 мм/1000 лет, плотность осадка 1.5 г/см³ и содержание в нем Mn = 0.4%(4–12)Ч10⁻⁷ г/см² в год.

• Диагенетический поток растворенного Mn из пелагического осадка, оцененный по аналогии с потоком биогенного Si 3.4Ч10⁻⁹–3.5Ч10⁻⁸ г/см² в год.

Как видим, седиментационный поток «как минимум в 10 раз превышает максимальную оценку потока растворения»; это и позволяет объяснить причину парадоксальной сохранности ЖМК в океане [18, с. 134].

Что касается природы Mn в оседающей взвеси, то **эта взвесь в основном биогенная** и содержит, по оценкам А. П. Лисицына [12], в среднем не менее 500 г/т Mn (с нарастанием по мере приближения ко дну до 1000–1800 г/т). В такой взвеси, как показало изучение седиментационных ловушек, установленных на разных горизонтах водного столба в океанах, марганец может присутствовать как в сорбированной форме (Mn_{орб}), так и в составе устойчивых к растворению бактериальных капсул (Mn_{био}), вклад которых в валовое содержание взвешенного марганца, по-видимому, является вполне реальным [2, с. 60]. Осаждение такой взвеси порождает осадки, сильно обогащенные марганцем по сравнению с любыми осадочными породами. Например, в северной части Тихого океана верхняя пленка осадков толщиной 3 мм содержит в среднем 5770 г/т марганца [2, с. 68]. В такой пленке величина Mn/Al (0.087) почти в во-

семь раз повышена против среднего для осадочных пород континентов (0.012), а величина Mn/Fe составляет 0.14 (против 0.020) [17].

Парадокс № 7 («второй парадокс В. С. Савенко»): подобно озерным и морским, океанские ЖМК – тоже диагенетические, несмотря на ничтожные содержания C_{орг} в пелагических осадках

Как известно, в течение нескольких десятилетий диагенетические морские и озерные ЖМК противостояли океанским, которые считались особым генотипом – существенно седиментационным. Такое разделение исходило из убогих содержаний C_{орг} в пелагических осадках, что, казалось бы, совершенно исключало возможность диагенетического подтока растворенного марганца к поверхности раздела осадок/вода, где и формируются океанские ЖМК [7, 22].

Однако В. С. Савенко подверг эту идею радикальному пересмотру. Согласно его концепции, развитой в 1984–2004 гг., в пелагических осадках, которые выглядят полностью окисленными, и где, как раньше считали, восстановительный диагенез невозможен, **в действительности такой процесс происходит – но в столь тонкой поверхностной пленке (порядка нескольких миллиметров), которая при существующей методике отборования донных осадков просто не фиксируется**. Рассмотрев важнейшие прямые данные о сохранении во взвеси, уловленной в седиментационных ловушках, 3–5 % C_{орг}, даже на глубине 4–5 км, он заключил: «<...> представления о невозможности диагенеза в пелагических осадках из-за недостатка органического вещества не подтверждаются данными прямых наблюдений, но при этом мы должны признать, что диагенетические процессы в глубоководных осадках ложа океана идут в тонком поверхностном слое, становясь малозаметными уже в верхних нескольких сантиметрах» [18, с. 59].

При этом лишается силы и важное возражение о том, что эти 3–5 % C_{орг} относятся к весьма инертному остатку былого ОВ, неспособному к диагенетическим реакциям. Дело в том, что **бактериальный зообентос, разлагающий это остаточное ОВ, добавляет к нему свою активную биомассу** в количестве 0.1–1.0 г/т C_{орг} (или ~0.01 от массы ОВ). «Казалось бы, – пишет В. С. Савенко в полной гармо-

нии с идеологией Вернадского, – **такая ничтожная масса лабильного органического вещества не может иметь сколько-нибудь существенного значения, однако следует иметь в виду важнейшее свойство живой материи – способность к самопроизводству, что делает обитающие на границе раздела вода–осадок организмы постоянно действующим фактором диагенетических преобразований» [18, с. 59].**

Парадокс № 8 («парадокс Дж. Бьюкенена – Г. Н. Батурина»): присутствие в ЖМК восстановленных фаз (сульфидов, самородных металлов и интерметаллидов)

Как известно, аутигенное рудное вещество ЖМК состоит из оксигидроксидов железа (III) и марганца (IV) – рентгеноаморфной Fe(OH)₃, полиморфов FeOOH (гётита, акагенита, лепидокрокита, фероксигита δ-Fe³⁺OОН), вернадита, бёргесита, бузерита, асболана, асболана-бузерита и тодорокита, с малой примесью еще почти десятка других минеральных фаз марганца и железа. Однако образование всех перечисленных минералов требует окислительной среды, что исключает нахождение в данном парагенезисе сульфидов и самородных металлов. Более того, с помощью меченого ⁵⁵Fe было показано, что при pH=8 в среде обводненных морских осадков MnO₂ действует на сульфиды железа как окислитель, превращая моносульфид в серу и сульфат, а пирит – в тиосульфат [37]. Следовательно, сосуществование сульфидов железа с Fe-Mn минералами ЖМК – теоретически запрещено. Тем не менее сульфиды (причем заведомо аутигенные) в ЖМК присутствуют! По свидетельству Я. В. Самойлова [19, с. 42], Дж. Бьюкенен (Buchanan, 1881) первым указал на присутствие восстановленной серы в некоторых ЖМК. Он полагал, что эта сера – остаток от былого окисления FeS₂, не дошедшего до конца. А уже в наши дни в ЖМК были обнаружены пирит, халькопирит, пентландит, виоларит, пирротин и троилит [3], а также самородные Cu, Fe, Al, Zn и магнетит [14]. Заметим, что наличие в ЖМК магнетитовых и вюститовых сферул было установлено еще в 1884 г. Дж. Мерреем и А. Ренаром в отчете об экспедиции на «Челленджере».

Объяснить этот парадокс можно единственным способом, как это сделала Г. Н. Лысюк в 1991 г. [14, с. 62]:



«Присутствие в основной массе конкреций, представленной интенсивно окисленным веществом, восстановленных форм свидетельствует о микролокальной геохимической зональности конкреций, т. е. о наличии в них микроскопических очагов резко восстановительных условий⁵. Такие условия могут создаваться локальными скоплениями органического вещества». Аналогично трактует этот феномен и В. С. Савенко [18, с. 11].

Парадокс № 9 — эфемерность аллювиальных концентраций Mn («парадокс Ю. А. Ткачева»)

В гумидной зоне Mn периодически концентрируется в аллювии боковым смещением русла — но это же смещение и уничтожает возникшую концентрацию!

Согласно Ю. А. Ткачеву [23], геохимия Fe и Mn в аллювии полностью определяется циклическими гидрологическими процессами. В половодье вода заливает большую часть поверхности поймы, инфильтруясь в аллювий. Это повышает уровень грунтовых вод, так что он достигает поверхности поймы. При спаде воды и возврате реки в свое русло начинается фильтрация грунтовых вод по аллювию к берегам реки. Это движение вод к реке и их выклинивание в берегах происходит почти постоянно. В процессе этой циркуляции грунтовые воды дважды преодолевают геохимические барьеры. «Первый из них — восстановительный — представляет собой богатую гумусом дерново-луговую почву на поверхности поймы. Другим восстановительным барьером служит обширная заболоченная территория поймы, удаленная от русла. Там же, где пойма покрыта лесом, хвойно-лиственная гумусовая подстилка и лежащая под ней почва также образуют геохимический барьер. Вода, первоначально содержавшая равновесное с атмосферой количество растворенного кислорода, теряет его на окисление органики, при этом ее Eh понижается <...>. Поэтому в грунтовых водах поймы присутствуют растворенные Fe (II) и Mn(II).

По мере спада половодья и дальнейшего падения уровня воды в реке <...> соответственно снижается уровень грунтовых вод. Между зеркалом грунтовых вод, располагающимся в этот момент в верхней части руслового аллювия, и пойменным аллювием образуется зона аэрации. Атмосферный воз-

дух подсасывается в эту зону вдоль песчано-гравийных пластов от берегов реки, а также через толщу вышележащих песков и супесей руслового аллювия близ берегов реки, еще не покрытых пойменными отложениями и растительностью. Кислород растворяется в грунтовых водах, Eh их повышается и достигает максимума в зоне выклинивания грунтовых вод в берегах реки, т. е. образуется другой, на этот раз окислительный геохимический барьер <...>. В период после половодья этот геохимический барьер расширяется в стороны от реки сообразно падению уровня грунтовых вод и подсосу в аллювий воздуха.

Таким образом, водяной «вдох» долины совершается через поверхность поймы весной в течение короткого периода половодья, а «выдох» — через толщу аллювия, медленно, в течение остального периода гидрологического года <...>. Грунтовая вода <...>, фильтруясь вдоль слоев аллювия <...> переносит растворенные элементы, а приближаясь к реке и выклиниваясь у берега, встречает окислительный барьер и формирует минерализацию» [23, с. 17].

Однако боковая миграция русла реки постоянно смещает возникшую зону минерализации: последняя наращивается на фронте миграции и уничтожается (растворяется) в тыловой части зоны в результате выхода за пределы окислительно-восстановительного барьера. «**Таким образом, — заключает Ю. А. Ткачев, — Fe-Mn минерализация имеет эфемерный характер, и время ее существования определяется скоростью перемещения русла.** Когда формирование отдельного сегмента аллювия заканчивается, на внешней его стороне образуется старица, которая вскоре заторфовывается и погребается под самыми верхними горизонтами пойменного аллювия. Ясно, что этот механизм не может породить сколько-нибудь значительныхрудных тел. Во-первых, возможное время формирования их ограничено, во-вторых, количество мобилизованного из аллювия грунтовыми водами рудного Fe-Mn материала незначительно» [23, с. 17].

Таковы некоторые (наиболее яркие) парадоксы в геохимии Mn. Еще раз повторим, что все они прямо или косвенно связаны с Главным парадоксом Вернадского.

Краткие выводы

1. Как впервые подчеркнуто Вернадским (1934 г.), геохимия марганца несет черты парадоксальности. Эта парадоксальность объясняется мощным влиянием биоса, обеспечивающим такой характер процессов концентрации и рассеяния, окисления и восстановления Mn, что они иногда идут, казалось бы, вопреки законам термодинамики.

2. На основе обобщения современных данных, количества которых со временем Вернадского значительно возросло, выделены и описаны девять парадоксальных черт геохимии Mn, из которых пять относятся к рудным концентрациям Mn и четыре — к «кларковой» геохимии Mn, в том числе к распределению Mn на фациальном профиле и его поведению в углеродистых биолитах.

С первым вариантом рукописизнакомились ведущие российские специалисты в области геохимии и рудогенеза марганца: профессора Ю. А. Ткачев и В. С. Савенко, доктора г.-м. наук Г. Н. Батурина и А. И. Брусицын, канд. г.-м. наук В. В. Середин. Их благожелательность и ценные замечания оказали на автора общеукрепляющее-отрезвляющее воздействие. Всем им — моя сердечная благодарность!

Литература

1. Андрющенко П. Ф., Хамхадзе Н. И., Туманишвили Г. П. Некоторые данные о текстурно-структурных особенностях и минеральном составе вмещающих пород и марганцевых руд Чиатурского месторождения // Марганцевое рудообразование на территории СССР. М.: Наука, 1984. С. 217–227.
2. Батурина Г. Н. Геохимия железомарганцевых конкреций океана. М.: Наука, 1986. 328 с.
3. Батурина Г. Н., Дубинчук В. Т. Сульфидные минералы в железомарганцевых конкрециях Тихого океана // ДАН СССР, 1983. Т. 272. № 4. С. 950–953.
4. Вернадский В. И. 2. Геохимическая история марганца // Очерки геохимии. 7-е (4-е русское) издание. М.: Наука, 1983. С. 82–100.
5. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. Изд. 2-е, доп. М.: АН СССР, 1957. 237 с.
6. Виноградов А. П. Введение в геохимию океана. М.: Наука, 1967. 213 с.
7. Волков И. И., Штеренберг Л. Е. Основные типы железомарганцевых руд в современных водоемах // Литол. и полезн. ископаемые, 1981. № 5. С. 4–26.

⁵Выделено мной — Я. Ю.



- 8.** Григорьев Н. А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия, 2003. № 7. С. 785–792. **9.** Гогишвили В. Г., Хамхадзе Н. И., Гуниава В. Д. Генетические типы кремнисто-марганцевой минерализации Закавказья // Геология и геохимия марганца. М.: Наука, 1982. С. 140–147. **10.** Гурвич Е. М. Углеродистые марганценосные формации // Геол. рудн. месторожд., 1980. Т. 22. № 2. С. 76–84. **11.** Данилов М. А., Юдович Я. Э. Первая находка осадочных марганцевых руд в Северном Притиманье // Рудообразование на Тимане и севере Урала. Сыктывкар, 1981. С. 94–99. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 34). **12.** Лисицын А. П. Процессы океанской седиментации. Литология и геохимия. М.: Наука, 1978. 392 с. **13.** Лысюк Г. Н. Биоминеральные микроструктуры оксидных марганцевых агрегатов // Природа, 2004. № 2. С. 65–68. **14.** Лысюк Г. Н. Минералогия океанических железомарганцевых конкреций. СПб.: Наука, 1991. 120 с. **15.** Рожнов А. А. Сравнительная характеристика марганцевых месторождений атасуйского и никопольско-чиатурского типов // Геология и геохимия марганца. М.: Наука, 1982. С. 116–121. **16.** Ронов А. Б., Ермишикина А. И. Распределение марганца в осадочных породах // Геохимия, 1959. № 3. С. 206–225. **17.** Ронов А. Б., Ярошевский А. А., Мидисов А. А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука, 1990. 182 с. **18.** Савенко В. С. Физико-химический анализ процессов образования железомарганцевых конкреций в океане. М.: ГЕОС, 2004. 156 с. **19.** Самойлов Я. В., Титов А. Г. Железомарганцевые желваки со дна Черного, Балтийского и Баренцева морей // Тр. Геол. и минерал. музея им. Петра Великого Российской АН, 1922. Т. III (1917–1918). Вып. 2. С. 25–112. **20.** Сапожников Д. Г. Возможные источники металла при образовании марганцевых месторождений // Марганцевое рудообразование на территории СССР. М.: Наука, 1984. С. 4–13. **21.** Сапожников Д. Г. Об условиях образования марганцевых месторождений юга Русской платформы и Крымско-Кавказской геосинклинали // Геол. рудн. месторожд., 1967. Т. 9. № 1. С. 74–87. **22.** Страхов Н. М., Штеренберг Л. Е., Калиненко В. В., Тихомирова Е. С. Геохимия осадочного марганцеворудного процесса. М.: Наука, 1968. 495 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 185). **23.** Ткачев Ю. А. Взаимодействие геологических и геохими-

ческих процессов в долинах рек // Уральск. геол. журн., 2008. № 5 (65). С. 16–21. **24.** Хамхадзе М. И., Туманишвили Г. П. Палеотектонические особенности локализации марганцевых руд Квирильской депрессии // Марганцевое рудообразование на территории СССР. М.: Наука, 1984. С. 227–235. **25.** Хоробрых А. А., Терентьев В. В., Климов В. В. Участие Mn-бикарбонатных комплексов в эволюционном переходе от аноксигенного фотосинтеза к оксигенному // Проблемы ранней эволюции фотосинтеза: Сер. «Гео-биологические системы в прошлом». М.: ПИН РАН, 2011. С. 107–124. **26.** Юдович Я. Э. Геохимические горизонты стратисферы [1] // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2008: № 2. С. 27–35. [2], № 3. С. 18–22. **27.** Юдович Я. Э. Почему Fe-Mn-конкремции имеют ядра? // Вестник Ин-та геологии, 2007. № 8. С. 7–10. **28.** Юдович Я. Э. Региональная геохимия осадочных толщ. Л.: Наука, 1981. 276 с. **29.** Юдович Я. Э., Беляев А. А., Кетрис М. П. Геохимия и рудогенез черносланцевых формаций Пай-Хоя. СПб.: Наука, 1998. 366 с. **30.** Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические и минералогические индикаторы вулканогенных продуктов в осадочных толщах.

Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 412 с. **31.** Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 740 с. **32.** Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Минеральные индикаторы литогенеза. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 564 с. **33.** Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 655 с. **34.** Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. 304 с. **35.** Юдович Я. Э., Майдль Т. В., Андреев Г. И. и др. Геохимия опорных разрезов нижнего карбона и перми на р. Кожиме // Литология и геохимия палеозойских формаций севера Урала и Пай-Хоя. Сыктывкар, 1979. С. 3–36. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 28). **36.** Юдович Я. Э., Шишкин М. А., Лютиков Н. В., Кетрис М. П., Беляев А. А. Геохимия и рудогенез черных сланцев Лемвинской зоны севера Урала. Сыктывкар: Пролог, 1998. 340 с. **37.** Schippers A., Jurgensen B. B. Oxidation of pyrite by manganese dioxide in marine sediments // Geochim. Cosmochim. Acta, 2001. Vol. 65. № 6. P. 915–922.

Рецензент
к. г.-м. н. Г. Н. Лысюк

Поздравляем



Якова
Эльевича
ЮДОВИЧА

с 45-летием работы
в Институте геологии

Желаем здоровья
и дальнейших творческих успехов!



МАЙСКАЯ СЕССИЯ

В последнюю неделю мая прошли сессии диссертационных советов Д 004.008.01 и Д.004.008.02 Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Всего состоялось три защиты кандидатских диссертаций.

Первой успешно прошла защита кандидатской диссертации Сергея Вадимовича Кочетова на тему «Строение, условия формирования отложений, закономерности размещения коллекторов и нефтегазоносность верхнедевонского комплекса Печоро-Кожвинского мегавала и Среднепечорского поперечного поднятия» по специальности 25.00.12 — «геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений», которая состоялась 28 мая. Научный руководитель — д. г.-м. н. Любовь Васильевна Пармузина. Оппоненты — д. г.-м. н. Александр Павлович Боровинских (ООО «Нобель Ойл», г. Москва), к. г.-м. н. Андрей Вениаминович Мартынов (филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Ухта). Ведущая организация — Федеральное государственное унитарное научно-производственное предприятие «Геологоразведка» (ФГУНПП «Геологоразведка», г. Санкт-Петербург).

Рассматриваемый в диссертации нефтегазоносный комплекс можно отнести к уникальному для Тимано-Печорского бассейна по сложности и многообразию геологических объектов. В нем выявлены почти все типы резервуаров и залежей углеводородов в широком диапазоне нефтегазоносности — от среднефранских отложений до турнейских. Одним из достижений диссертанта является составление детальной корреляционной схемы рассматриваемой территории на уровне горизонтов и свит. Установлены основные типы и подтипы разрезов среднего франа-фамена, определены реперные уровни и толщи, образующие опорный стратиграфический каркас. Эта схема стала основой для выявления этапов развития Печоро-Кожвинского мегавала и Среднепечорского поперечного поднятия в по-зднедевонскую эпоху, начиная с доманикового времени. Большое практическое значение для прогнозирования дальнейшего развития резервуаров имеет картирование основных фаций в пределах района исследований: некомпенсированных прогибов и палеоподнятий в них, карбонатных и терригенно-карбонатных массивов, ак-

кумулятивных прогибов, разных типов мелководного шельфа. Литолого-фаунистическая зональность изучаемой территории отражена в работе на 12 палеогеографических картах.

В этот же день состоялась защита кандидатской диссертации Любови Вячеславовны Соколовой на тему «Лландоверийские конодонты западного склона Приполярного Урала» по специальности 25.00.02 — «палеонтология и стратиграфия». Научный руково-



Защита диссертации Л. Соколовой

водитель — д. г.-м. н. Татьяна Михайловна Безносова. Оппоненты — д. г.-м. н. Людмила Николаевна Андреичева (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Коми научного центра Российской академии наук (г. Сыктывкар), к. г.-м. н. Эдуард Степанович Щербаков (Коми государственный педагогический институт (г. Сыктывкар)). Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук, г. Уфа.

Эта диссертация вносит значительный вклад в изучение палеонтологии и стратиграфии нижнесилурийских отложений на западном склоне Урала. Диссертантом проделана большая работа по всестороннему анализу всех материалов исследований, проведенных в разные годы, и сопоставлены установленные им виды со сходными таксонами из

других регионов мира. На основании сравнения конодонтовых комплексов проведена корреляция ряда региональных подразделений нижнего силура Приполярного Урала с одновозрастными подразделениями Тимано-Североуральского региона, Эстонии и Северной Земли. Предложенное Л. В. Соколовой биостратиграфическое расчленение детально изученного ею интервала нижнего силура может быть в дальнейшем использовано при проведении межрегиональной корреляции. Члены диссертационного совета отметили, что во многом прошедшая защита является образцовой и в лице диссертанта Институт геологии приобрел достаточно редкого специалиста.

29 мая в диссертационном совете Д 004.008.01 состоялась публичная защита кандидатской диссертации Александра Вадимовича Вахрушева на тему «Минерало-технологические особенности тонкодисперсной составляющей бокситов Среднего Тимана» по специальности 25.00.05 — «минералогия, кристаллография». Научные руководители — доктор геолого-минералогических наук Ольга Борисовна Котова и доктор физико-математических наук Анатолий Павлович Петраков. Официальные оппоненты — д. г.-м. н., профессор Виталий Александрович Петровский и д. г.-м. н., профессор Олег Сергеевич Кочетков дали высокую оценку научным достижениям диссертанта. В отзыве ведущей организации ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского» (ВИМС, г. Москва) было отмечено, что проведенные А. В. Вахрушевым исследования отличаются новизной и, несомненно, имеют практическую значимость, выражую-



Доклад А. Вахрушева



щуюся в адаптации нового метода морфоструктурного анализа бокситов, который в дальнейшем может быть применен при анализе других видов минерального сырья. Речь в данном случае идет об использовании рентгеновского и синхротронного излучения для определения размеров минеральных зерен в руде, которые могут существенно влиять на результат извлечения полезных компонентов на обогатительных производствах. Соискателем доказано преобладание в тонко-дисперсной составляющей бокситов Среднего Тимана частиц размером 20–40 нм. Важным результатом диссертации является установление изоморфного замещения железа в гётите и гематите алюминием, что неизбежно приводит к потере не менее 5 % полезного компонента, т. е. алюминия, при переделе бокситов на глинозем методом Байера. Большой интерес рецензентов и членов диссертационного совета вызвал факт обнаружения самородного золота в бокситах Вежаю-Борыквинского месторождения, что может свидетельствовать о комплексности бокситов Среднего Тимана и в дальнейшем повысить их промышленную привлекательность.

* * *

В Казани 29 мая в диссертационном совете Д 212.081.09 Казанского (Приволжского) федерального университета состоялась публичная защита кандидатской диссертации Бориса Александровича **Макеева** на тему «Минеральные ассоциации и индикаторырудоносности Пижемского титанового и Ичетьюского алмазоносного месторождений Среднего Тимана» по специальности 25.00.05 — «минералогия, кристаллография». Официальные оппоненты — д. г.-м. н., профессор Иван Николаевич Пеньков и д. г.-м. н., профессор Борис Иванович Пирогов дали положительную оценку научным достижениям диссертанта. В отзыве ведущей организации «Ухтинский государственный технический университет» было отмечено, что проведенная работа выполнена на достойном уровне, в которой полученные результаты работы имеют большое научное и практическое значение при организации поисковых работ на месторождениях ал-

мазов, редкометалльно-редкоземельных, титановых и золоторудных месторождений на Тимане и, возможно, в других регионах. Большой интерес членов диссертационного совета вызвала



Защита диссертации Б. Макеева

возможность применения нетрадиционных минералов индикаторов алмаза в поволжском районе.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 004.008.01

д. г.-м. н. **В. Ракин**,

ученый секретарь диссертационного совета Д 004.008.02

к. г.-м. н. **В. Чупров**,

ученый секретарь

Института геологии

д. г.-м. н. **О. Котова**

ПОЗДРАВЛЯЕМ

с успешной защитой кандидатских диссертаций



Александра
Вадимовича
ВАХРУШЕВА



Любовь
Вячеславовну
СОКОЛОВУ



Бориса
Александровича
МАКЕЕВА

Желаем здоровья,
дальнейших творческих успехов
и научных открытий!



КТО, ЕСЛИ НЕ МЫ?

(личные книги о личной войне)

Всё дальше и дальше уходят от нас годы Великой Отечественной войны, все меньше и меньше тех, кто принимал в ней непосредственное участие. Пройдет десяток-другой лет и уже не останется никого из бывших фронтовиков. А они нам казались вечными и всегда живущими рядом. Еще совсем недавно ходили по коридорам нашего института Марк Вениаминович Фишман, Виталий Николаевич Охотников, Кирилл Паскальевич Янолов...

Да и в семьях у каждого из нас были ветераны... На кладбище в Архангельске лежит мой дед Иван, на матросской груди которого солдатские медали «За отвагу», «За боевые заслуги», «За оборону советского Заполярья» и многие-многие другие казались непробиваемым панцирем или кольчугой древнего воина. В Лойме, на юге Коми упокоились братья отца — рядовые Иван и Александр, прошедшие все пекло войны от первого до последнего дня. Где-то на Украине, под Одессой похоронен еще один мой дядя Владимир, когда-то весело рассказывавший мне, что трижды форсировал Днепр, но «Героя не дали, так как делал это не вплавь, а по понтонному мосту».

Они не любили рассказывать про войну, а мы почему-то и не настаивали. И даже то, что случайно удавалось от них услышать и запомнить, звучало порой не очень героически. Как-то летом, возвращаясь со мной, пацаном, с деревенского киносеанса «про войну», дядя Шура сказал: «А я всю войну был под Ленинградом. Командир отделения мотопехоты. Утром придут ребята. Днем команда — на танки! Садимся: командир отделения сразу за башней, а остальные сзади, кто где... И в бой! Через полчаса на броне, кроме меня, никого и нет...»

Поэтому не верю я фильмам «про войну». Они все больше и больше превращаются в санкционированную и хорошо оплаченную ложь.

А где же искать правду? Только у тех, кто сам этой войны нахлебался досыта. Они еще есть. Их еще помнят. Их еще слышат. И кто, если не мы, сделаем все возможное для увековечивания этой правды?

В этом смысле очень интересна подготовленная к печати Э. И. Лосе-

вой книга «Тыловой дневник военной поры И. А. Лосева: Ульяновск — Сыктывкар 1941—1942 гг.», вышедшая в серии академика М. П. Рощевского «Вспомина ХХ век». Про такие издания, как это ни банально, принято говорить, что они несут в себе дух времени. И какую-то очень обнаженную правду. Эти записки писались И. А. Лосевым не для широкой аудитории.



Человек, очень любящий свою семью, вдруг оказался разлученным с ней в военное лихолетье и стал доверять листочкам бумаги свои личные раздумья и переживания, которые обычно разделял с женой и детьми. Конечно, ищущий читатель найдет в них и ненависть советского человека к вероломным фашистам, и свидетельство напряженного труда огромного завода по выпуску новой военной техники, и какие-то бытовые подробности повседневных тыловых буден с нехваткой самых простых продуктов и предметов обихода, рыночной дорогоизнаной дров, одежды и еды, даже ссор и склок с соседями и сослуживцами по работе. Но всё это — только фон для очень семейного человека, которого война разлучила с самыми дорогими людьми. И он, безусловно, являясь талантливым профессионалом, грамотным руководителем, гражданином и патриотом, отдающим все силы нужному воюющей стране производству, в душе своей остается просто любящим мужем и отцом. И это и есть са-

мое главное, что не смогла сломать никакая, даже самая Великая и самая Отечественная, война на свете. Человек остался человеком и жил, и трудился, чтобы опять всё было по-человечески.

Книга Г. А. Марковой «Мой дядя Паня» — это очень личное, бережное и полное описание 23-летней жизни человека, которого война обрекла на ратный труд и подвиг. Как и в книге об И. А. Лосеве, здесь очень много подробностей, деталей — всего того, что называется правдой. И опять через все повествование сквозной красной нитью, наряду с пониманием необходимости смертельной борьбы с вероломным врагом, проходит чисто человеческое желание жить, быть нужным своим близким, своей семье, которая и есть высшая ценность в жизни. Г. А. Марковой удалось в очень сжатой и краткой по объему книге создать целостный образ, отражающий мир ее предвоенного и военного детства. И вглядываясь в него, видишь замечательных людей, лучшие



черты которых, увы, в наше время утрачиваются. Неоспоримым достоинством книги является воспроизведение в ней большого массива оригинальных документов, посвященных самому обычному человеку и фронтовику. Сделавшись частью книги, они уже никогда не будут утрачены, а станут частью одной большой правды о Великой Отечественной войне.

Алексей Иевлев



В ЗЕРКАЛЕ ПРЕССЫ

Очередная сессия Общего собрания РАН привлекла рекордное число участников и журналистов в связи с приездом на форум президента России В. Путина, который только что утвердил на должность министра образования и науки Д. Ливанова, постоянно выступающего с жесткой критикой РАН. Выступление президента ученых порадовало. Было подчеркнуто, что руководство страны придает огромное значение развитию науки и готово ее всячески поддерживать, поручая решение важных задач, в том числе по реализации инновационных программ госкорпораций и модернизации оборонной отрасли. Ученые оценили корректный стиль и деловой тон президента. (*Полностью речь В. Путина опубликована в газете «Поиск», № 21.*)

Президент РАН Ю. Осипов поддержал заявление главы государства о необходимости создания единой программы фундаментальных исследований. Среди проблем Академии наук Ю. Осипов особо выделил деформированную структуру ее бюджета, 80 % которого приходится на зарплату. Подводя итоги сессии, он отметил, что она была «политически важной» и вдохновила ученых на новые достижения в исследованиях (Наука Урала, 2012. № 13).

На итоговом собрании Коми научного центра, состоявшемся 13 марта 2012 г., говорилось больше о достижениях, чем о проблемах. Каждый из шести научных институтов, входящих в состав центра добился значительных результатов. Но особо А. Асхабов выделил работу научного сотрудника лаборатории палеонтологии Института геологии Коми НЦ УрО РАН Павла Безносова, открывшего в прошлом году на Северном Тимане новые уникальные захоронения ихтиофауны, сочетающие в себе признаки рыбы и тетрапода. По мнению ученых, возможно, этот тетрапод является очень далеким предком человека. Найденным окаменелостям 370 млн лет.

Всего за отчетный период в Коми научном центре разрабатывалось 435 тем, 38 из них — по международным грантам и проектам. Лидером по количеству осуществляемых совместных международных проектов стал Институт биологии (18 договоров),

Институт геологии занял вторую позицию (14 договоров) (Республика, 2012. 15 марта).

В апреле с. г. в рамках сотрудничества Института геологии Коми НЦ УрО РАН с геологической службой Финляндии и шведским университетом в г. Уппсала состоялась поездка зам. директора по научной работе института И. Н. Бурцева и руководителя музея им. А. А. Чернова А. А. Иевлева в Скандинавию. Наши ученые ознакомились с деятельностью Музея при геологической службе в г. Эспоо (Финляндия), посетили отдел геологии Музея естественной истории в Хельсинки (Финляндия), Музей естественной истории в Стокгольме (Шве-

ция) и Музей эволюции университета г. Уппсала (Швеция). Важной задачей этого сотрудничества стало ознакомление с повседневной деятельностью музеев, сравнение подходов к экспонированию геологического материала, принципам и методам подачи научно-познавательной информации, методология работы с разными категориями населения. Эта поездка послужит толчком для модификации работы Геологического музея им. А. А. Чернова, адаптирует к требованиям нынешнего дня и, безусловно, будет развивать дальнейшее сотрудничество между нашим и зарубежными музеями (Наука Урала, 2012. № 9–10 (1057); Красное знамя, 2012. 9 апреля).

В конкурсе Фонда содействия отечественной науке «Поисковые гранты молодым ученым по стратегическим направлениям развития науки и технологий» в число победителей вошла группа д. г.-м. н. Т. Г. Шумиловой, занимающаяся фундаментальными исследованиями в области развития новых перспективных материалов касающихся изучения загадочного гексагонального алмаза — лонсдейлита, он же гексагональный алмаз. В последние годы интерес к лонсдейлиту существенно усилился в связи с

тем, что китайскими и американскими учеными было теоретически рассчитано, что он в одном из кристаллографических направлений на 85 % тверже алмаза. Благодаря многолетним исследованиям сотрудников лаборатории минералогии алмаза Института геологии Коми НЦ УрО РАН при участии немецких коллег из Центра электронной микроскопии Ахенского университета (Германия) среди углеродной минерализации Кумдыкольского месторождения алмазов в метаморфических метасоматических переработанных породах Северного Казахстана были выделены и диагностированы монокристаллические частицы лонсдейлита. Сегодня сотрудники лаборатории минералогии алмаза не только с уверенностью могут свидетельствовать о существовании монокристаллического гексагонального алмаза, но и предлагают разработанную ими методику диагностики лонсдейлита с помощью рамановской спектроскопии, основанную на особенностях динамики данной фазы при энергетическом воздействии, и позволяющую надежно отличать его от нанокристаллических кубических алмазов. Результат фундаментального исследования найдет свое место и в теории фазового состояния углерода, и в геологии, и в материаловедении, он даст новый толчок к изучению сверхтвердых материалов (Наука Урала, 2012. № 8 (1056)).

Сотрудниками Института геологии Коми НЦ УрО РАН проведена инвентаризация геологических памятников республики. Общее количество как уже охраняемых, так и недавно взятых на учет составило 140 объектов, имеющих историческое, научное и эстетическое значение. Научный сотрудник института Петр Юхтанов (один из координаторов работы по инвентаризации геологического наследия) побеседовал по этой проблеме с корреспондентом газеты «Республика». Первым официальным документом, закрепившим за некоторыми геологическими объектами статус особо охраняемых природных памятников, стало постановление Совета Министров Коми АССР 1973 г. Этим документом получили охраняемую грамоту 20 геологических памятников, располагающихся на Северном и Приполярном Урале. К 1989 г. их





число достигло 54. В последующие годы в большинстве регионов прошла инвентаризация геологических памятников, итогом которой стал выход в свет целого ряда иллюстрированных монографий. Солидный фолиант «Геологическое наследие Республики Коми» подготовили к печати и ученые Института геологии Коми НЦ УрО РАН. В 2008 г. альбом вышел из печати. Работа по выявлению геологических памятников продолжается. Прежде всего — это гидрогеологические памятники: подземные источники, родники. Ученые-геологи в число памятников, подлежащих охране, предлагаю включить остатки древнего солеваренного производства в Серегово, обнажения юрского периода возле деревни Каргорт, карьеры и остатки сооружений старинного производства точильного камня возле поселков Усть-Воя и Усть-Соплеск и др. (Республика, 2012. 5 апреля).

По материалам архива Коми НЦ УрО РАН в газете «Наука Урала» была опубликована большая статья, посвященная самоотверженному труду ученых Коми в годы Великой Отечественной войны. Отмечено, что созданная в Сыктывкаре осенью 1941 г. База АН СССР по изучению Севера в результате эвакуации сюда Северной и Кольской баз, сыграла положительную роль в развитии академической науки в регионе. В очерке описывается, как в сложнейших условиях военного времени проводились научные исследования геолого-геохимического отдела (12 тем), агробиологического (13 тем), сектора гидрологии и гидробиологии (3 темы). «Это были, с одной стороны, масштабные проекты, заложившие фундамент использования природных ресурсов региона, а с другой — решалась проблема выживаемости в условиях войны». За годы военного лихолетья был открыт ряд новых месторождений полезных ископаемых, выявлено десятки тысяч гектаров земельных фондов, пригодных для сельскохозяйственного освоения, разведано рыбных запасов местных водоемов.

Несмотря на очень трудные бытовые условия, почти военную дисциплину и скучное питание сотрудники Базы делали отчисления в фонд обороны, взносы в государственный заем (до 3 % заработной платы), отправляли на фронт посылки с теплыми вещами. Сразу после войны 16 сотрудников Базы получили медали «За доблестный труд в Великой Отеч-

ственной войне 1941—1945 гг.» (Наука Урала, 2012. № 11—12 (1058).

Об уникальных экспонатах временных и постоянных экспозиций Геологического музея им. А. А. Чернова и истории его создания рассказал его сегодняшний руководитель А. Иевлев в новой рубрике «минеРал-Ка» в специальном выпуске журнала «Твоя Параллель», 2012. № 12 (500). 30 марта.

Решением Президиума Исполкома РОСГЕО от 10.10.2011 г. утверждена медаль «Геолог Игорь Грамберг» в честь выдающегося российского ученого, геолога и организатора геологоразведочного производства, первого Президента РОСГЕО академика Игоря Сергеевича Грамберга (1922—2002 г.). Медаль является высшей наградой общественной организации «Российское геологическое общество». Вместе с медалью вручается удостоверение установленного образца. Решение о награждении принимает Президиум Исполкома РОСГЕО по представлению региональных отделений РОСГЕО, органов исполнительной власти разного уровня, предприятий, общественных организаций и движений. Награждение медалью производится только один раз (Разведка и охрана недр, 2011. № 12).

Этой почетной наградой под номером 3 в день 80-летнего юбилея удостоен д. г.-м. н., профессор Лев Васильевич Махлаев. Поздравляем!

20 февраля 2012 г. специальным распоряжением Главы РК В. Гайзером было принято решение о создании новой пятитомной энциклопедии «Республика Коми». Вдохновителем и руководителем этого масштабного проекта стал академик М. П. Роцвэский. Он считает, что трехтомная энциклопедия 1990-х гг. — отражение советской эпохи — во многом устарела, поэтому назрела необходимость создания нового масштабного справочника, отражающего современные реалии. Костяк авторов составил коллектив отдела «Научный архив и энциклопедия» Коми НЦ УрО РАН. Работа идет полным ходом. Предполагается, что первая книга пятитомника выйдет в свет в 2015 г. В последующие несколько лет издадут и другие тома. Финансируется издание будет из республиканского бюджета (Республика, 2012. 20 марта).

6 марта 2012 г. гл. н. с. института, д. г.-м. н. Я. Э. Юдович отметил свой 75-летний юбилей. На расширенном заседании ученого совета Института

геологии Коми НЦ УрО РАН он прочитал необычный доклад, посвященный не перспективным научным планам, а проблеме жизненной, то бишь «как дожить до седин и не впасть в маразм». Газета «Красное знамя» вкратце публикует это блестящее выступление юбиляра, где он утверждает, что жизненный успех человека складывается из генов, из сознательных волевых усилий, которые человек в состоянии развить для достижения цели, из условий окружающей среды и из лично-семейных обстоятельств. Из своего жизненного опыта докладчик рекомендует искать и находить Большие Цели, которые можно достичь только Большим Объемом Работы (Красное знамя, 2012. 15 марта).

В рубрике «Книжная полка» газеты «Наука Урала» опубликована статья А. Иевлева о вышедшей недавно книге «Александр Анатольевич Беляев». Она посвящена жизни, научной и литературной деятельности бывшего заведующего Геологическим музеем им. А. А. Чернова А. А. Беляеву. Судьба отвела ему не слишком большой срок жизни, он трагически погиб 26 апреля 2004 г., но память о нем среди друзей, коллег, знакомых осталась самая светлая и добрая. Подтверждением тому стала не только эта книга, но и бронзовая памятная медаль, изготовленная сыктывкарским художником и скульптором А. Пунеговым (Наука Урала, 2012. № 7. Март).

23 апреля — Всемирный день книги. В «Панораме столицы» от 23 апреля 2012 г. дан развернутый обзор о фондах и посещении библиотек г. Сыктывкара. В нашей библиотеке Коми НЦ УрО РАН зарегистрировано 1300 человек пользователей, из них более 900 — сотрудники Коми научного центра. Общий фонд библиотеки составляет 474000 экземпляров изданий, в том числе 119580 — иностранных, более 5 тысяч — авторефератов диссертаций.

Самой «старой» книгой библиотеки является издание 1745 г. — «Атлас Российской империи с пограничными землями», самым уникальным — фотолитографированное издание 1889 г. древнейшего памятника старославянской и древнерусской письменности «Остромирова Евангелия».

Активными читателями научной библиотеки в разные годы были такие выдающиеся ученые, как Револьт Пименов — математик, доктор физико-

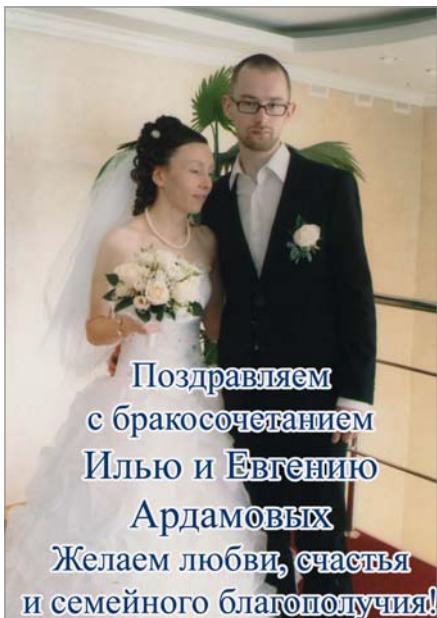


математических наук, Петр Вавилов — биолог, академик ВАСХНИЛ, Георгий Чернов — доктор геолого-минералогических наук, первооткрыватель Воркутинского месторождения углей.

В мае 2012 г. увидела свет книга «Тыловой дневник военной поры И. А. Лосева: Ульяновск—Сыктывкар. 1941—1942 гг. / Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2012 60 с. («Вспоминая ХХ век». Серия академика М. П. Рощевского. Вып. 15). Эти рукописные записи изданы благодаря его дочери — Эмме Ивановне Лосевой, д. г.-м. н., ведущего научного сотрудника Института геологии Коми НЦ УрО РАН. В предисловии к этой книге Э. И. Лосева сжато и выразительно рассказала историю семьи на протяжении нескольких десятилетий, на которые пришли революции и войны, голод и переселения, массовые репрессии.

Иван Андреевич Лосев (1904—1942) в 1930-е гг. занимал партийно-административные посты в Коми АССР, затем работал на московском машиностроительном заводе им. Сталина (ЗИС), с ним в самом начале войны был эвакуирован в Ульяновск. Сам дневник невелик по объему. В Ульяновске Лосев прожил всего несколько месяцев и умер в мае 1942 г. от недоедания и тяжелых условий на производстве и в быту. Записи его интересны тем, что они были хроникой повседневной жизни в суровую зиму 1941—1942 гг. и дают представление о том, чем жили люди в те месяцы. Дневник И. А. Лосева является свидетельством героизма миллионов людей, ковавших Великую Победу в тылу (Наука Урала, 2012. № 13 (1059).

Г. Анисимова



Поздравляем



Веру Алексеевну

Жидову

с юбилеем и награждением

Почётной грамотой УрО РАН

за многолетний добросовестный труд,
техническое содействие в области
изучения геологического наследия

Республики Коми!

Поздравляем



Сергея
Владимировича
РЯБИНКИНА

с 30-летием работы

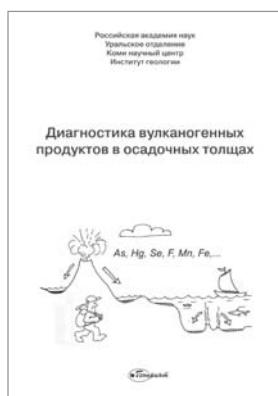
в Институте геологии.

Желаем здоровья

и дальнейших творческих успехов!



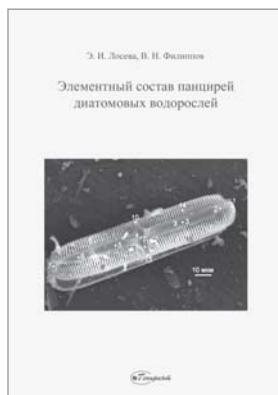
ПРЕЗЕНТАЦИЯ НОВЫХ ИЗДАНИЙ



УДК 551.311.7 + 552.14
Диагностика вулканогенных продуктов в осадочных толщах: - Материалы Российской совещания с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УроСАН, 2012. 204 с.

В сборнике Сыктывкарского совещания-2012 публикуются расширенные тезисы 58 докладов, которые сгруппированы по 7 темам: новые данные о проявлениях и продуктах наземного и субмаринного вулканизма (и геодинамические интерпретации); диагностика древних (метаморфизованных) вулканитов и туффоидов; вулканизм и литогенез; лигохимические методы диагностики; вулканизм и рудогенез; алмаз как минерал-индикатор; некоторые дискуссионные вопросы.

Материалы предваряются обширным предисловием редактора (Я. Э. Юдовича), в котором дано обобщение наиболее существенных результатов, изложенных в докладах. По мнению редактора, несмотря на относительно скромное число докладов (меньше ожидаемого), представленные материалы вносят ценный вклад в познание вулканогенно-осадочного литогенеза.

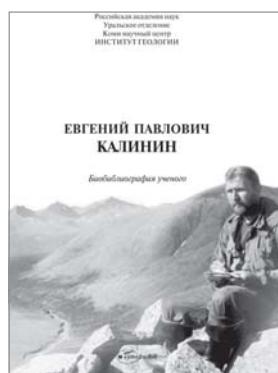


УДК 551.261:581.19
**Лосева Э. И., Филиппов В. Н.
Элементный состав панцирей диатомовых водорослей. Сыктывкар: Геопринт, 2012. 56 с.**

Приведены результаты изучения элементного состава панцирей диатомовых водорослей разного возраста (от миоцена до современных), разной экологии (морских и пресноводных) из местонахождений европейского северо-востока России и других регионов.

Выявлено довольно большое сходство состава независимо от возраста, экологии и местонахождения. Установлено, что панцири диатомей из водорослей, подвергнувшихся антропогенному загрязнению, отличаются повышенным содержанием серы.

Рис. 26 (микрофотографии в СЭМ), табл. 33. Библиогр. 22 назв.



УДК 55 (092)
**Евгений Павлович Калинин //
Библиография ученого. Сыктывкар: Геопринт, 2012. 82 с.**

Библиография научных работ Евгения Павловича Калинина, кандидата геолого-минералогических наук, ведущего научного сотрудника Института геологии Коми НЦ УроСАН.



УДК 548
Кристаллическое и твердое некристаллическое состояние минерального вещества: проблемы структурирования, упорядочения и эволюции структуры: Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар: Геопринт, 2012. 364 с.

В сборнике изложены материалы минералогического семинара с международным участием «Кристаллическое и твердое некристаллическое состояние минерального вещества: проблемы структурирования, упорядочения и эволюции структуры» посвященные изучению современного состояния и фундаментальных проблем минералогической кристаллографии. Обсуждаются актуальные проблемы структурной упорядоченности кристаллического и твердого некристаллического минерального вещества. Особое внимание уделено вопросам кристалломорфологии и анатомии кристаллов, кристаллогенезису, а также эволюции кристаллов в геологических процессах и эксперименте. Рассматриваются актуальные вопросы современной кристаллотехнологии, кристаллоинтеза, кристаллографии органических минералов и биоминералов. Отдельно рассмотрены вопросы связанные с месторождениями кристаллосыря, проблемами их выявления и эффективного освоения.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов естественно-научного профиля.



УДК 94:622.33:550.812:
343.262 (470.13)

Иевлев А. А. Угольный рудник Кожим. Сыктывкар, 2012. 56 с.

На основе опубликованных материалов и данных Национального архива Республики Коми изложена история открытия, разведки и промышленного освоения Кожимского месторождения Печорского угольного бассейна.

Освоение месторождения было начато в первые годы Великой Отечественной войны с целью создания угольного производства, частично компенсирующего ресурсные потери СССР в связи с временной утратой Донецкого и Подмосковного угольных бассейнов.

Подробно описана производственная деятельность угольного рудника Кожим в период 1944—1961 гг., в течение которого предприятием было добыто свыше 2 млн т угля. Созданный в годы войны как типичное предприятие системы ГУЛАГа, рудник в середине 1950-х гг. сумел реорганизовать свою работу при демонтаже лагерной промышленности и переходе на советские экономические условия хозяйствования.

Высокая себестоимость добычи угля, малые запасы сырья на месторождении, а также сложные горно-технические условия залегания угольных пластов привели к прекращению работы рудника Кожим.



Полевой обед у российских геологов (фото О. Удоратиной)

Найдите отличия



Полевой обед у финских геологов
(фото О. Удоратиной)



На Полярном Урале (Фото А. Соболевой)



Контакт горных пород (Фото А. Соболевой)



Водопад на Полярном Урале (Фото А. Соболевой)

Ответственные за выпуск
В. А. Матвеев, Т. М. Безносова

Редакторы издательства
Н. А. Боринцева, И. Г. Перцева

Компьютерная верстка
Т. В. Хазовой

Подписано в печать 27.06.2012

Тираж 300

Заказ 872


Редакция:
167982, Сыктывкар,
Первомайская, 54

Тел.: (8212) 24-56-98
Факс: (8212) 24-53-46
Эл. почта: vestnik@geo.komisc.ru