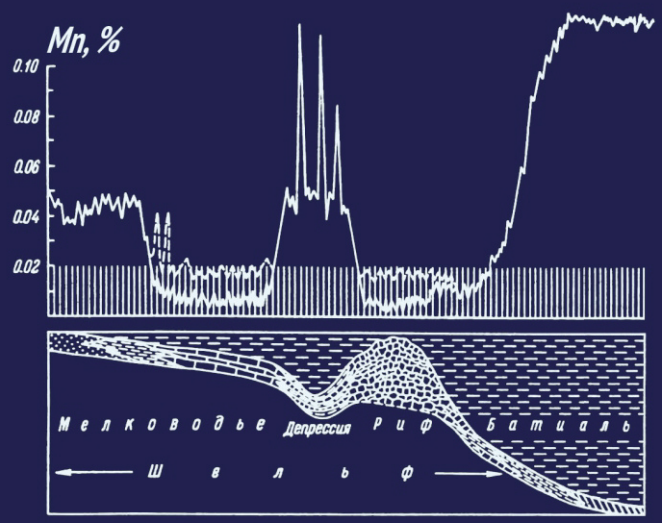
Я. Э. Юдович

ВТОРАЯ ЖИЗНЬ:
Записки геохимика-2



Я. Э. Юдович

ВТОРАЯ ЖИЗНЬ: Записки геохимика-2

Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2024

УДК 550.4:546.4:552.5 (470.13)
ББК 26.30
Ю16

Ю16 Юдович Я. Э.
Вторая жизнь: Записки геохимика-2. — СПб.: Наукоемкие технологии, 2024. 174 с.

ISBN 978-5-907804-93-7

В 2007 г., по случаю своего 70-летия, автор напечатал не вполне обычную научную автобиографию под названием «Записки геохимика». В ней подводились итоги работы автора в геохимии (обычно вместе с М. П. Кетрис) за 47 лет (1961–2007).

Однако и после этого, к своему неизбывному удивлению, автор сумел прожить еще целых 17 творчески-насыщенных лет с полным сохранением работоспособности, т.е. фактически прожил в науке как бы Вторую Жизнь! Поэтому возникла необходимость подведения нового итога в виде «Записок геохимика-2» — с кратким реферированием более двух десятков книг, обозначающих законченные этапы научной работы. В этом числе — объемные книги 2008, 2010 и 2011 гг., которые предварялись курсами лекций, прочтенных автором в Сыктывкарском Институте геологии Коми НЦ УрО РАН.

В интересах читателей данная книга завершается двумя полезными библиографическими Приложениями.

Рецензенты:
канд. г.-м. н. Л. И. Ефанова, докт. г.-м. н. М. П. Тентюков

Yudovich Ya.E. The Second Life: Notes of a Geochemist-2. — St. Petersburg: Naukoemkie tekhnologii, 2024. 174 p.

In 2007, on the occasion of his 70th birthday, the author published an unusual scientific autobiography called «Notes of a Geochemist». It summarized the results of the author's work in geochemistry (usually together with M. P. Ketris) for 47 years (1961–2007). However, even after that, to his inescapable surprise, the author managed to live for another 17 creatively intense years with full preservation of working capacity, i.e. he actually lived in science as if for a Second Life! Therefore, it became necessary to summarize a new result in the form of « Notes of a Geochemist -2» — with a brief summary of more than two dozen books indicating the completed stages of scientific work. Among these are voluminous books from 2008, 2010 and 2011, which were preceded by courses of lectures delivered by the author at the Syktyvkar Institute of Geology of the Komi Sci. Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. For the benefit of readers, this book concludes with two useful bibliographic Appendices.

УДК 550.4:546.4:552.5 (470.13)
ББК 26.30

ISBN 978-5-907804-93-7 © Юдович Я. Э., 2024

Оглавление

1. Предисловие **4**

2. Аналитическая библиография по геохимии углей (2008) **7**

3. «Мешающие» *Минеральные индикаторы* (2008) **12**

4. Дефицитные *Продукты вулканизма* (2010) **26**

5. Самая толстая *Индикация литогенеза* (2011) **43**

6. Парадоксальная *Геохимия марганца* **53**

7. «Хоть шерсти клок»: *Региональная литохимия* (2016) **67**

8. Преждевременный финиш **76**

9. Неожиданный *Титан* **86**

10. Вымученная *Геохимия фосфора* (2020) **93**

11. Пять необычных *Книг о российских геологах* (2015—2023) **104**

12. Документы для истории науки: *Научная переписка* (2017, 2019) **109**

13. Подаренная нам *Альтернативная литохимия* (2020) **111**

14. Другие исторические документы: *Отзывы* (2021, 2024) **123**

15. Два великих брата: *Две книги* (2022, 2023) **131**

16. Изнанка *Геохимии фосфора* (2022, 2023) **135**

17. Неудачный прорыв на Запад:
***Перевод «Основ литохимии»* (2022, 2024)** **148**

18. Жизнь окончена, но грусти нет **150**

Цитированная литература **153**

Приложение 1. Наша Библиография по геохимии углеродистых биолитов – углей и черных сланцев **155**

Приложение 2. Список опубликованных околонаучных, ненаучных и антинаучных сочинений ЭЮЯ, 1996—2024 ..... **163**

Указатель имен **171**

1. Предисловие

В 2007 г. автору исполнилось 70 лет — возраст, весьма подходящий для подведения жизненных итогов. Поэтому автор разложил на столе свои дневники и книги и стал сочинять научную автобиографию под названием «*Записки геохимика*». В Предисловии к этому сочинению автор попытался объяснить читателю цель и оправдание своей работы [1, с. 3]:

«Чем может быть интересна эта книга для читателя?

Для автора очевидно, что детали личной жизни интересны только в отношении выдающихся крупных личностей. Именно в силу их крупности — о них бывает интересно знать всё. Что же касается обычных личностей среднего масштаба (таких, как автор этих *Записок*), то детали их биографии были бы интересны, только если в них было нечто экстраординарное.

Увы! У автора, прожившего весьма спокойную и благополучную жизнь, ни разу не сидевшего в тюрьме, даже ни разу не побитого, редко подвергавшегося смертельной опасности в экспедициях, словом, почти не бывавшего в экстремальных обстоятельствах приключенческого или детективного жанра, и всю жизнь проведшего отчасти в тайге и тундре, а отчасти за письменным столом — в житейских обстоятельствах имеется немного такого, что могло бы заинтриговать читателя.

Об этом же пишет даже такой крупный геолог, как академик В. Е. Хаин в своей интересной книжечке «*Из воспоминаний геолога*» (1997). Он сразу сообщает читателю, что в его жизни ничего особо примечательного не случилось (и даже в войну он на фронте не побывал, хотя и был призван).

— Чем же в таком случае может автор быть интересен потенциальному читателю?

— Ответ очевиден: только своей профессиональной деятельностью.

И нет никакого сомнения, что читатель такого текста найдется.

Во-первых, потому, что читатель сейчас в массе своей весьма грамотен и вполне способен воспринимать рассказ о профессиональной деятельности без особо детальных пояснений.

Во-вторых, потому, что автор занимался *геохимией* — фундаментальной геологической наукой о Природе.

Между тем, Природа сейчас интересует очень многих. Побеждать Природу людям уже надоело: в 20-м веке было доказано, что победить ее вполне можно — и притом так победить, что от нее ничего не останется. Гораздо важнее Природу изучать и охранять от самого человека. Что касается послед-

него (экологическая проблематика) — то это не совсем по моей части (хотя в 1999–2006 гг. пришлось заняться и *Экологической геохимией* углей). А вот выпытывание у Природы «эмпирических закономерностей» геохимии (любимый термин Вернадского) — это увлекательное занятие, и мне было интересно этим заниматься. Мне кажется, что рассказы об этом могут увлечь читателя.

Таковы цель и оправдание моего сочинения.

Следовательно, оно не является в узком смысле автобиографическим. Автор старался избегать душевного стриптиза, оставляя это занятие таким великим людям, как Руссо, Паскаль, Толстой или Бердяев, которые пролагали новые пути для мыслящего человечества.

Моя же задача совсем не амбициозна: доставить читателю несколько часов увлекательного чтения, рассказывая об истории своих поисков и скромных находок. Ибо именно они составляют основную часть моей биографии, тогда как прочая ее часть (сугубо житейская) имеет служебное значение: она интересна лишь в той мере, в какой была связана с профессиональной научной работой».

Анализируя в 2007 г. этапы своего творческого пути, автор исходил из наиболее естественных вех – а именно, из монографий, завершающих каждый этап. За 46 лет профессиональной научной деятельности (1961–2007) таких монографий (вместе с брошюрами объемом более 5 печатных листов, которые академик Николай Павлович Юшкин называл «микромонографиями») набралось несколько дкесятков.

Казалось вполне естественным, что на этом научная работа автора пришла к своему концу; пора бы ему угомониться и, как это было принято говорить в советские времена, – «уйти на заслуженный отдых».

Но случилось нечто неожиданное – как для окружающих, так и для самого автора. В начавшемся Третьем Миллениуме, вопреки семикратным пребываниям в петербургских и сыктывкарских больницах, автор ухитрился прожить еще целых 17 лет (2007–2024) с полным сохранением работоспособности! Как итог интенсивной научной работы появилось еще около двух десятков книг, фиксирующих завершающие этапы прожитого. Другими словами, автор «Записок геохимика»-2007 – как бы прожил в науке Вторую Жизнь.

Так родился замысел данной книги: в надежде заинтересовать молодого читателя, 87-летний автор решил рассказать о своей Второй Жизни, сочинивши «Записки геохимика-2».

Указатель имён составлен **Мариной Петровной Кетрис**. Об ее огромном вкладе в научную продукцию автора читатель может получить представление из *Приложения 1: Наша библиография по геохимии углеродистых биолитов – углей и черных сланцев*.

2. Аналитическая библиография по геохимии углей (2008)

Занимаясь около 45 лет исследованиями в области геохимии ископаемых углей (наши первая статья по этой теме[1] появились в 1963 г., а последняя книга[2] вышла в 2006 г.), мы (с участием профессора Дж. Хауэра из университета в шт. Кентукки, США) подготовили не вполне обычную книгу [2]:

2. ***Кетрис М. П., Юдович Я. Э., Хауэр Дж.*** Неорганическая геохимия углей. Аналитическая библиография, 1800—2006 гг. — Сыктывкар: Геопринт, 2008. 252 с.

Мы — далеко не первые, кто вторгается в сферу профессиональной библиографии: в научной литературе не так уж мало примеров, когда библиографии составлялись не профессионалами-библиографами, а «любителями» — т. е. научными работниками, которые (обычно на излете своей научной карьеры) стремились поделиться накопленными ими библиографическими богатствами с коллегами.

Эта библиография, общим объемом около 7 тыс. названий, составлена на основании многолетнего исследовательского опыта авторов в области геохимии и минералогии ископаемых углей, а в последние годы 20-го и в начале 21-го веков — также и в области экологической геохимии угольной промышленности (главным образом — угольной энергетики).

Библиография включает четыре крупные тематические раздела: 1. собственно геохимия и минералогия угля («pure» geochemistry and mineralogy of coal); 2. геохимия торфов, комплексирование металлов с гумусовыми кислотами (geochemistry of peat and metal-organics complexes with humic acids); 3. анализ углей и продуктов их технологического передела на редкие элементы (analysis of coal and its industrial derivates for trace elements); 4. экологические проблемы угледобычи и углепереработки (environmental impact of coal utilization).

---

[1] ***Юдович Я. Э.*** О самостоятельном генетическом типе концентраций редких элементов // Литол. и полезн. ископ, 1963, № 3. С. 55—63.

[2] ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Ценные элементы-примеси в углях. — Екатеринбург: Наука, 2006. 538 с.

Каждый раздел предваряется кратким комментарием (науковедческим анализом), в котором исследуется структура и история возникновения данного информационного поля.

Во *Введении* ***впервые дан критический анализ правил библиографического описания в советской и российской научной литературе***. Показано, что эти правила на протяжении только последних 40 лет изменялись не менее 13 раз! По большей части эти директивно-навязываемые изменения были немотивированными и бессмысленными, но подлежали обязательному исполнению редакторами издательств и авторами — научными работниками.[3]

Ниже приведены 5 картинок (кругов Эйлера), показывающих структуру всей книги (рис. 1) и каждого из четырех ее тематических разделов (рис. 2—5).

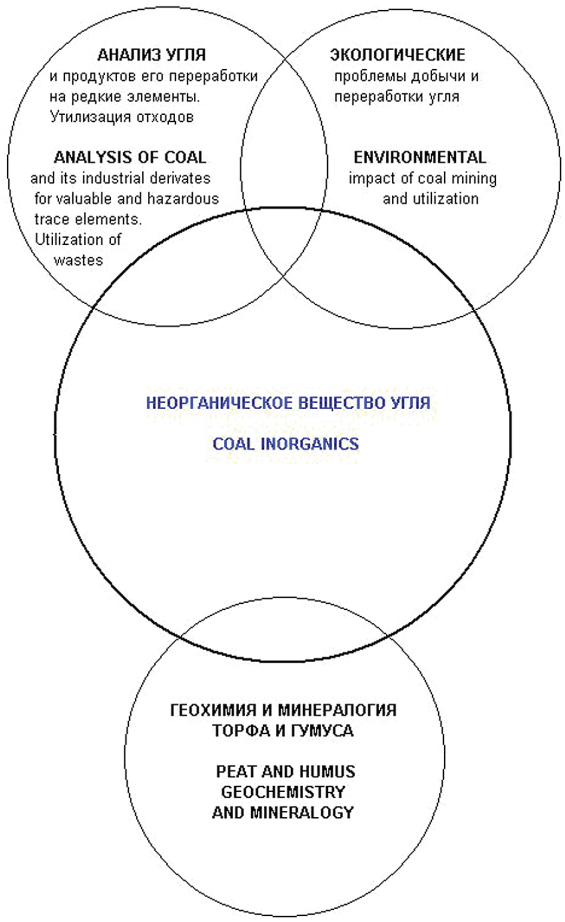


Рис. 1. Структура всей библиографии, показанная с помощью кругов Эйлера.

Показаны 4 крупных тематических раздела книги, тематика которых отчасти перекрывается.

[3] Это нестандартное *Введение* в библиографию, озаглавленное как «Проблема «правильного» библиографического описания», привлекло внимание специалистов далеко за пределами данной (узко-специальной) библиографии. Поэтому по просьбе редакции Уральского геологического журнала, в 2008 г. текст этого *Введения* был с небольшими изменениями перепечатан в УГЖ:

Кетрис М. П., Юдович Я. Э., Хауэр Дж. Бессмыслица, хаос и произвол: геологическая библиография в АН СССР–РАН // УГЖ, 2008, № 5. С. 3—15.

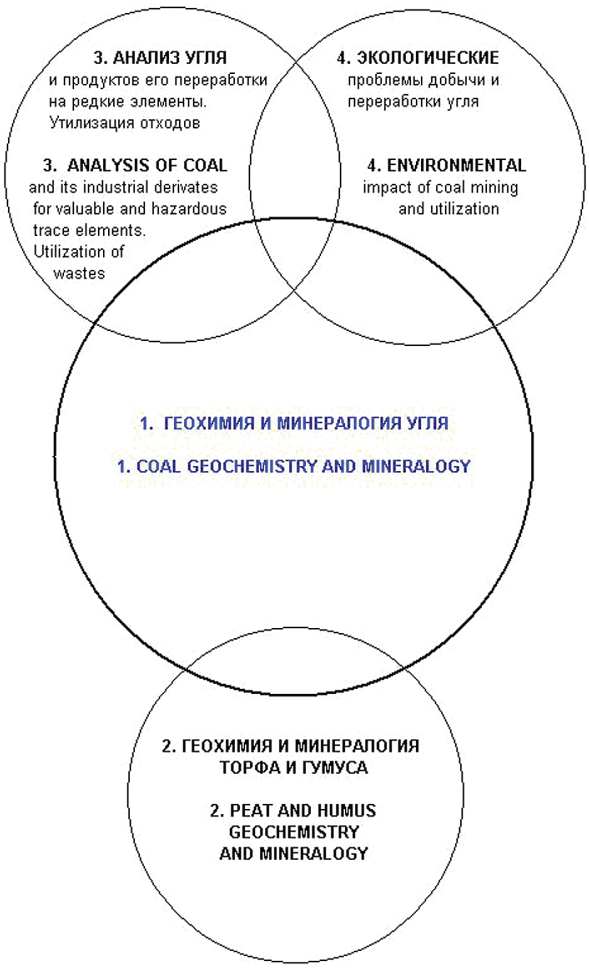


Рис. 2. Структура раздела 1: Геохимия и минералогия угля.

Его тематика отчасти перекрывается с тремя другими разделами библиографии.

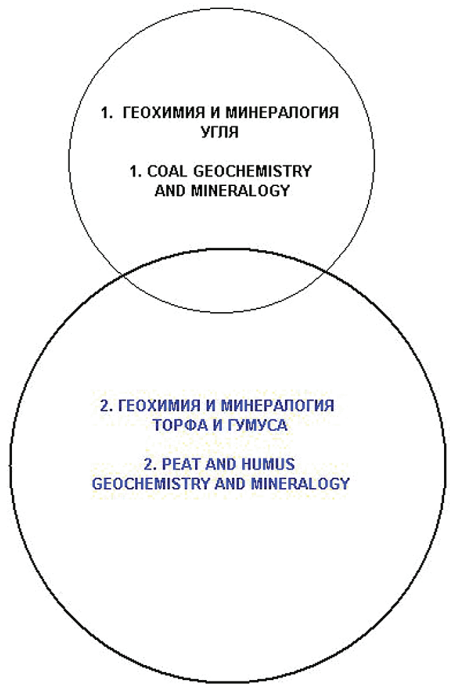


Рис. 3. Структура раздела 2: Геохимия и минералогия торфа и гумуса.

Его тематика отчасти перекрывается с разделом 2 библиографии.

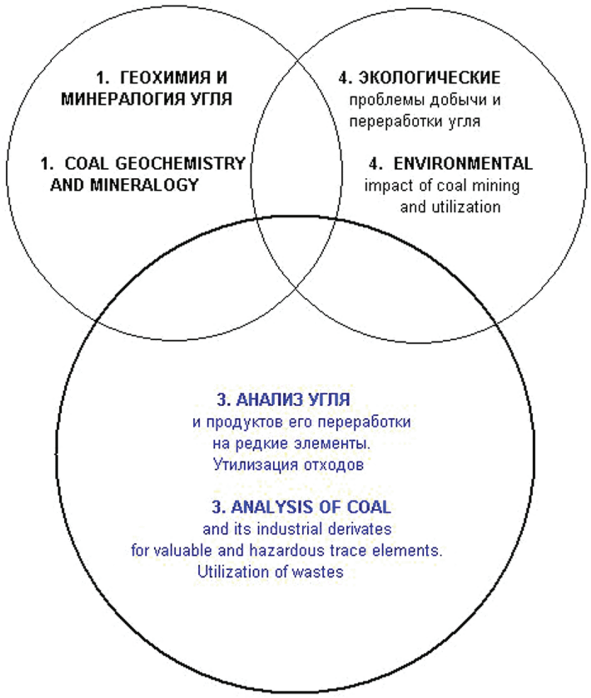


Рис. 4. Структура раздела 3: Анализ угля и продуктов его переработки. Утилизация отходов.

Его тематика отчасти перекрывается с разделами библиографии 1 и 4.

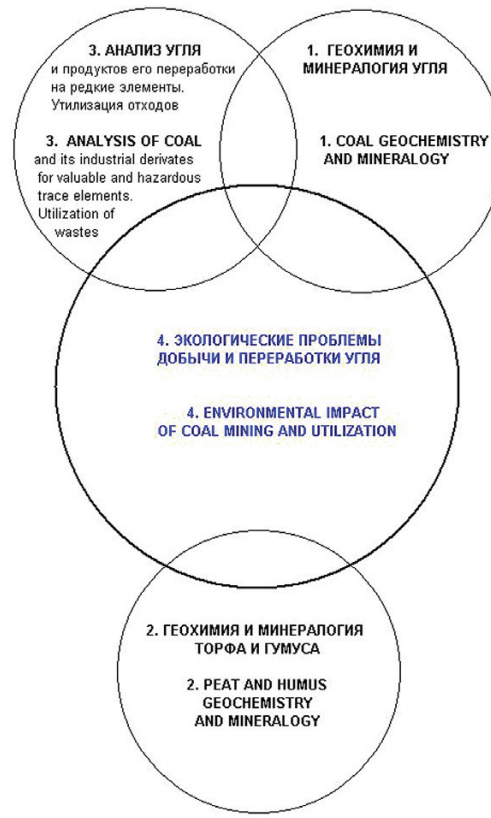


Рис. 5. Структура раздела 4: Экологические проблемы добычи и переработки угля.

Его тематика отчасти перекрывается с разделами библиографии 1, 2 и 3.

В разделе 1 (самом крупном) — 3339 работ, в разделе 2 (самом малом) — 174, в разделе 3 — 1530, в разделе 4 — 1086. Таким образом, в сумме по всем четырем разделам в библиографии приведено 6829 библиографических описаний работ, охватывающих период исследований с 1800 по 2006 гг.[4]

[4] Для сведения молодого читателя необходимо заметить, что в 2015 г. пиратская фирма Direct Media без ведома авторов перепечатала (и продавала в Интернете!) эту нашу книгу, с подзаголовком «*Второе издание, стереотипное*».

3. «Мешающие» *Минеральные индикаторы* (2008)

Хорошо известно, что минералы являются носителями генетической информации об условиях образования горных пород. Не являются исключением и осадочные породы: здесь многие минералы являются индикаторами условий выветривания, седименто-, диа- и катагенеза. К настоящему времени накоплено весьма значительное количество информации такого рода. Однако использование ее в литологии затруднено тем, что эта информация рассеяна по многочисленным источникам, и обобщалась только применительно к постседиментационным стадиям.

В попытке дать в руки литологу сводку современных данных, позволяющую полнее использовать минералого-генетическую информацию для расшифровки литогенеза — от накопления осадка до позднего катагенеза включительно, в 2008 г. мы подготовили книгу [3]:

3. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Минеральные индикаторы литогенеза. — Сыктывкар: Геопринт, 2008. 564 с.

Материал книги представлен в форме 21-й лекции, прочитанных в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН в январе-мае 2008 г. Каждая лекция сопровождается обширным Комментарием, где сосредоточена значительная часть фактического материала, представляющего интерес для специалиста. В лекциях охвачены все факторы, стадии и основные процессы литогенеза (начиная с выветривания и кончая инфильтрационным эпигенезом). Некоторым стадиям литогенеза посвящено несколько лекций: седиментогенезу и диагенезу — по две, катагенезу — шесть.

Рассмотрены практически все минеральные виды, идентифицированные в осадках и осадочных породах. Среди минералов как породообразующие — кварц, полевые шпаты, глинистые минералы (включая каолинит, гидрослюды, смектиты, хлориты, палыгорскит и глауконит), цеолиты, фосфаты, карбонаты, так и тяжелые акцессорные минералы. Большое внимание уделено использованию минерального состава конкреций в целях фациальной диагностики.

Как отмечено в Предисловии [3, с. 3—4].

«...Разработка данной темы была начата нами как бы по принуждению — в ситуации, когда нас в полном смысле слова «жизнь заставила». Дело в том, что мы уже давно ведем обобщающие исследования в необъятно-широкой проблеме «Геохимическая индикация литогенеза». Первым итогом этих исследований явились депонированная в 1976 г. в ВИНИТИ небольшая монография, затем глава в книге-1981 «Региональная геохимия осадочных толщ», и прочтенные в Томском университете лекции, посвященные геохимической диагностике гидрофаций <...>[5]. Однако в процессе работы над проблемой геохимической индикации литогенеза мы постоянно сталкивались с материалами по минералогии. С каждым годом таких материалов накапливалось всё больше.

С одной стороны, такие материалы как будто лежат вне нашей темы, поскольку это — не геохимия. Но с другой стороны, провести грань между «чистой» геохимией и минералогией далеко не просто. Например, изотопия карбонатного углерода — это геохимия или минералогия? Геохимик скажет: разумеется, это геохимия. Но минералог возразит, что это не что иное как конституция минералов (в данном случае — карбонатов) — широкое понятие, охватывающее (по Д. П. Григорьеву) все вопросы химического состава, структуры и морфологии минерала. Кроме этой научной неопределенности, присутствовало и чисто житейское соображение — нам было просто жаль выкидывать из своих литературных закромов накопившиеся в них богатейшие материалы по минералогии литогенеза! Так родился замысел данной книги — вначале как бы освободиться от минералогии, чтобы потом «спокойно» заниматься разработкой чисто геохимической проблематики.

По счастью, этот случайно родившийся замысел оказался весьма актуальным. Судя по составу контингента слушателей (сотрудников Института и геологов из сыктывкарских производственных организаций), среди которых были не только литологи, петрографы и геологи-нефтяники, но и профессиональные минералоги школы акад. Н. П. Юшкина, — данный материал оказался востребованным специалистами разного профиля. Действительно, в нашей научной и учебной литературе тема в такой широкой постановке, по-видимому, освещается впервые[6].

Понятно, что в рамках произнесенной лекции (два академических часа) невозможно охватить все относящиеся к данной лекции фактические материалы. Хотя в корпус напечатанной лекции нетрудно включить всё оставшееся, это сопряжено с нежелательным утяжелением текста. Но и вовсе отказываться от ценной фактуры было бы крайне неразумно. Выход был найден в форме составления Комментария к каждой лекции. В корпусе лекции оставлено

[5] Здесь и далее угловыми скобками обозначены опущенные нами ссылки на литературу, которую читатель может найти в тех книгах, о которых идет речь.

[6] Книга [3] была награждена Бронзовой медалью Российского минералогического о-ва.

только самое главное и нередко — лишь в краткой (конспективной) форме, а в Комментарии приведены многочисленные дополнительные сведения. Неспециалист сможет ограничиться основным текстом, тогда как специалист, как мы надеемся, найдет много полезного для себя как раз в Комментарии.

Такой способ изложения был уже успешно апробирован нами в университетском «Курсе геохимии осадочных пород (избранные главы)», изданном в Сыктывкаре в 2001 г. <...>, а также в его «ремейке»-2007 г. — улучшенной и разосланной по электронным сетям компьютерной версии. Справедливости ради заметим, что на самом деле такой способ обобщения обширных материалов не является нашим изобретением, ибо у нас был великий предшественник — сам Вернадский. Именно так он компоновал свои труды — текст в сопровождении обширных примечаний с массой фактического материала. Правда, во времена Вернадского в Примечания обычно включали и список литературы (чего мы, конечно, не делаем); однако эта разница не принципиальна.

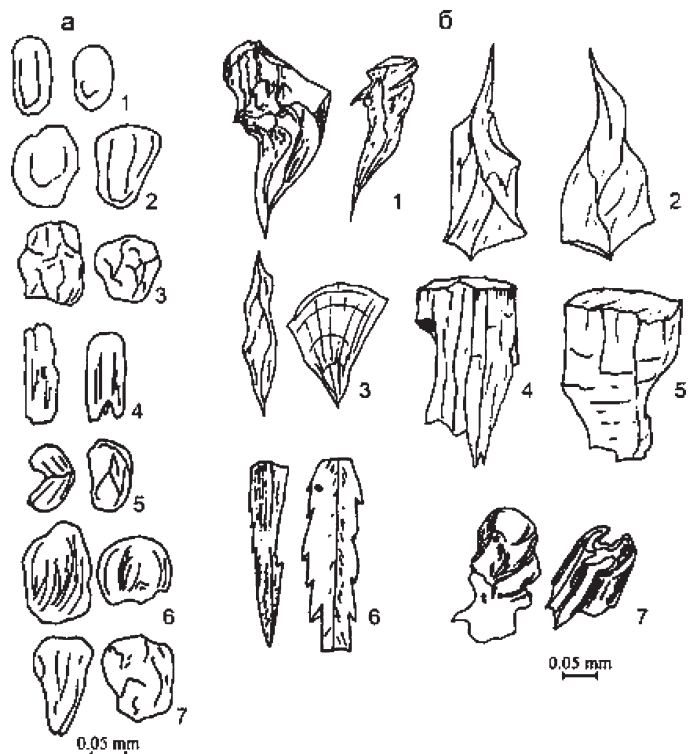


Рис. 6. Различие типоморфизма аллотигенного (а) и «эндогенно-эксплозивного» компонентов девонских песчаников (б).

Взято у Е. Г. Пановой и др., 2004 г. <...>.

а: 1 — циркон, 2 — турмалин, 3 — гранат, 4 — амфибол, 5 — рутил, 6 — ильменит, 7 — магнетит; *б*: 1 — циркон, 2 — ставролит, 3 — кварц, 4 — энстатит, 5 — диопсид, 6 — роговая обманка, 7 — ильменит.

В заключение укажем на одну «патриотическую» особенность данного курса. Авторам посчастливилось более 40 лет с близкого расстояния наблюдать рост и развитие Российского Минералога № 1 — **Николая Павловича Юшкина** и созданной им Сыктывкарской минералогической школы, ныне признанной во всем мире. Поэтому при отборе обширных, часто практически необозримых материалов, мы сознательно отдавали предпочтение исследованиям, выполненным сыктывкарскими минералогами».

Из приведенных в книге 30 картинок ниже мы произвольно выбрали 13, иллюстрирующих использование минералогических данных для индикации факторов, стадий и процессов литогенеза.

Как отмечено в [3, с. 99]

«В итоге детального исследования петербуржские геологи пришли к выводу о том, что *«в формировании минеральных ассоциаций девонских терригенных пород Главного девонского поля кроме традиционно известного источника сноса, Балтийского щита, принимал участие дополнительный источник, поставлявший в ограниченных количествах материал кимберлитовой или близкой ассоциации, а также широкий спектр минералов гидротермального генезиса. Типоморфизм зерен и ассоциация минералов свидетельствуют об их экструзивном образовании» <…>».*

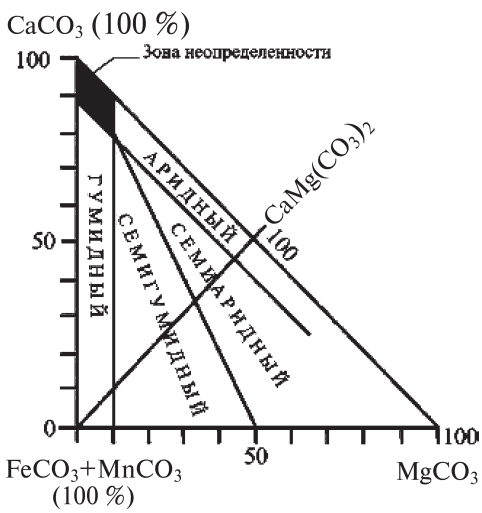


Рис. 7. Треугольник А. И. Сидоренкова <…> для определения палеоклиматических обстановок по составу карбонатных конкреций.

На этом рисунке, согласно [3, с. 190]

«Хорошо видно, что нарастание аридности сопровождается убыванием вклада ($FeCO_3$+$MnCO_3$) и нарастанием вклада $MgCO_3$. С использованием выделенных полей, А. И. Сидоренков откартировал изменение состава карбонатных конкреций (около 1300 анализов) на территории Зап. Сибири и построил детальную, весьма правдоподобную палеоклиматическую карту для неокомского времени. На карте были показаны климатические зоны: от гумидной на севере, через семигумидную и семиаридную в центральной части плиты — к аридной на ее юге <...>».

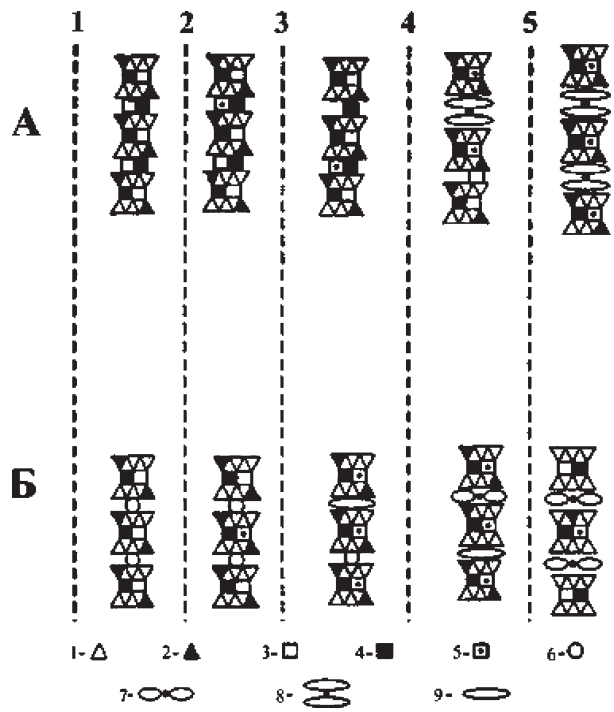


Рис. 8. Схема трансформации хлорита (А) и иллита (Б) в смектит.

Взято у Э. А. Гойло и др., 2001 г. **<...>.**

1 — Si-тетраэдры, 2 — Al-тетраэдры, 3 — Fe^{2+}-октаэдры, 4 — Mg-Al-октаэдры, 5 — Fe^{3+}-октаэдры, 6 — фиксированные межслоевые катионы, 7 — одновалентные обменные катионы, 8 — двухвалентные обменные катионы, 9 — молекулы воды.

Согласно [3, с. 206], на этой картинке видно, что

«по мере появления в октаэдрах трехвалентного железа, расстояние между алюмосиликатными пакетами 2:1 увеличивается, и в них проникают молекулы воды и катионы. В результате увеличивается межслоевое расстояние {001}: в хлорите (куда проникают двухвалентные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+}) оно возрастает с 14.25 до 15.3 Å, а в иллите (куда проникают K^+ и Na^+) с 9.95 до 12.5 Å <...>».

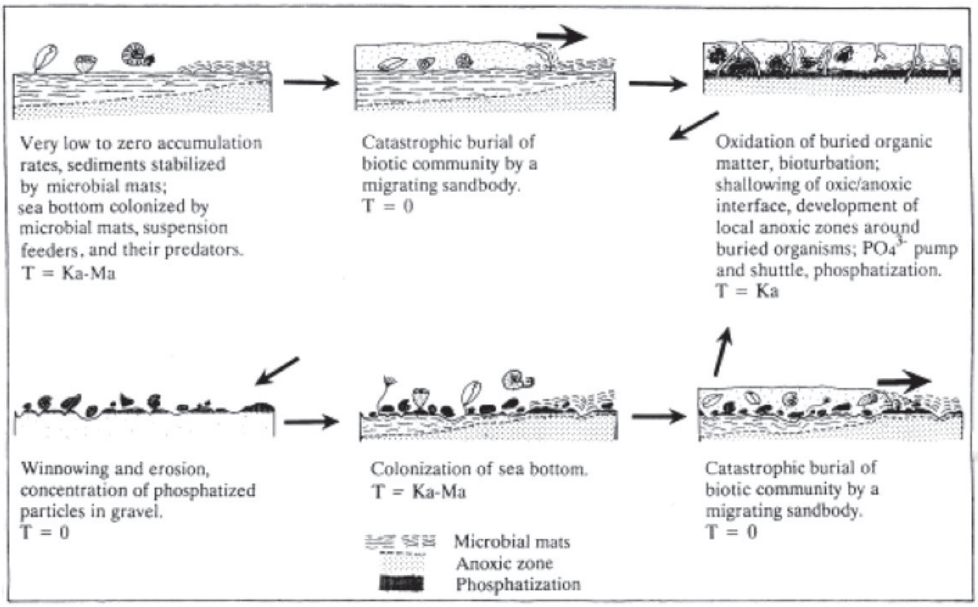


Рис. 9. «Циклы Батурина» по К. Фёллми <...> .

Сценарий циклов конденсации — фосфогенеза на омываемом течениями среднемеловом Гельветском шельфе. Направление в циклах показано стрелками.

T — оценки временного интервала, в течение которого происходили событие или фаза цикла.

На этой картинке показаны обусловленные сменой фаций повторяющиеся последовательности слоев, названные К. Фёллми «*Циклами Батурина*» [3, с. 233—234]:

«1. Вдоль кромки внешнего шельфа проходили стабильные западные течения, воды которых, расположенные вблизи зоны кислородного минимума, были богаты нутриентами. В условиях низких (почти нулевых) скоростей седиментации на дне поселялась богатая донная фауна, а также, по-видимому, существовали микробиальные маты, скреплявшие субстрат. Биотурбация была минимальной.

2. В результате резкого увеличения скорости и направления течений происходило катастрофически-быстрое (практически мгновенное) захоронение бентосной биоты проградирующими песчаными осадками.

3. Масса захороненного ОВ привлекала сверлильщиков и илоядов, система осадка открывалась для наддонной воды. Биотурбация вела к ирригации песчаных тел, что открывало систему для диффузии фосфат-иона из наддонных вод. Вокруг захороненной фауны в результате действия микроорганизмов создавалась микролокальная восстановительная среда. Происхо-

дила локальная фосфатизация фаунистических остатков и осадка поблизости от них — обычно вокруг зерен микробильных фосфатов, служивших затравками.

4. Затем под действием течений осадок перемывался (шлиховался) и происходило накопление фосфатного гравия.

5. Затем вновь обстановка стабилизировалась и дно заселялось обильным бентосом.

6. Новое катастрофическое захоронение начинало новый «цикл Батурина», и т. д.».

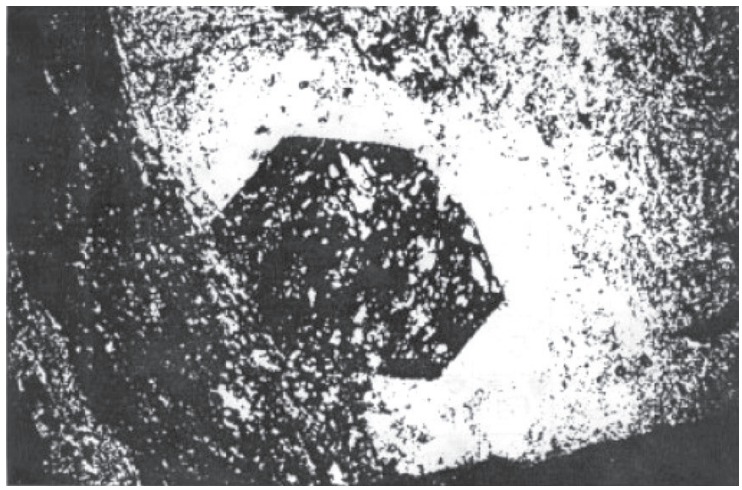


Рис. 10. Эвгедральный кристалл аутигенного кварца в девонском ангидрите Мичиганского бассейна.

Видны многочисленные включения ангидрита той же оптической ориентировки, что и во вмещающей породе.

Взято у С. Бирнбаума и Дж. Виремана, 1982 г. <...>.

Ширина поля зрения — 1.5 см.

Согласно [3, с. 244], на этой картинке показан пример формирования идиоморфных мелких кристалликов кварца в пластах каменной соли:

«<...>, например, в соленосной толще верхнего триаса <...>. Кварц в соли считают седиментогенным, а в глинах, гипсах или доломитах — диагенетическим. Считают, что формированию кристаллов кварца в рассоле способствует внедрение в пространство между кремнекислородными тетраэдрами ионов Na^+, K^+ и Li^+ <...>. Идиоморфный кварц описан в девонских ангидритах Мичиганского бассейна <...>».

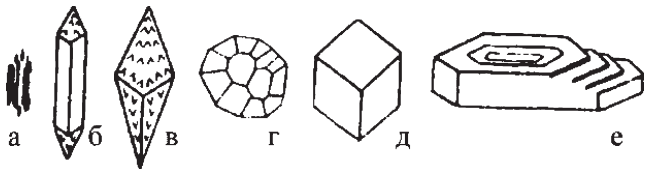


Рис. 11. Изменение формы кристаллов кальцита в процессе опреснения морской воды (слева направо), по П. Фолку.

Взято у А. А. Махнача, 2000 г. <...>

а — волокнистые кристаллы, б — игольчатые, в — скаленоэдрические, г — многогранные, д — ромбоэдрические, е — гексагонально-короткопризматические.

Как отмечено в [3, с. 252],

«Согласно П. Фолку (см. <...> форма диагенетических выделений кальцита определенно зависит от солености воды — и прежде всего от содержания в ней магния — рис. 14. В морской воде образуется микрит — очень мелкие (<0.004 мм) кристаллы, часто вытянутые по длинной оси, а в опресненных водах с пониженной концентрацией магния — спарит, т. е. относительно крупные изометричные кристаллические агрегаты (>0. 02)».

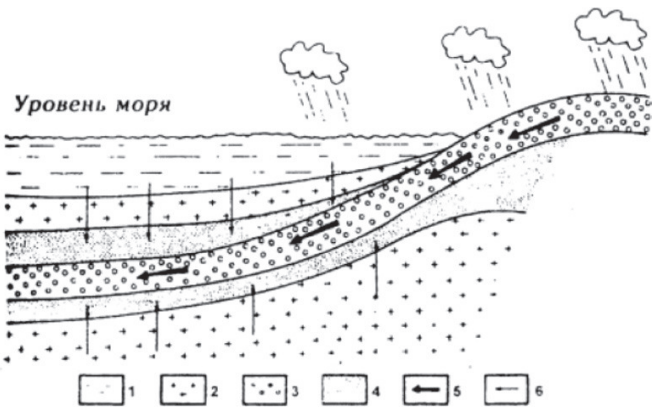


Рис. 12. Схематическая иллюстрация доломитизации по модели Dorag — в зонах смешения талассогенных морских и метеогенных пресных вод.

Взято у А. А. Махнача, 2000 г. <...>.

1 — наддонная морская вода; 2 — захороненная талассогенная вода; 3 — горизонт пресных атмогенных вод; 4 — зоны смешения; 5 — направление движения пресной воды; 6 — направление поступления магния.

Согласно [3, с. 321],

«Сущность модели Dorag иллюстрируется А. А. Махначем на рис. 12, где показан разрез пресноводного водоносного горизонта в морских карбонатных отложениях. Выходя на поверхность побережья, этот горизонт попол-

няется метеорной водой, а выше и ниже образуются две зоны смешения пресных вод с морскими. При этом «*поступление магния в верхнюю зону смешения обеспечивается его нисходящей диффузией из моря, в нижнюю — восходящей разгрузкой элизионных талассогенных вод из подстилающих частей разреза*» <...>».

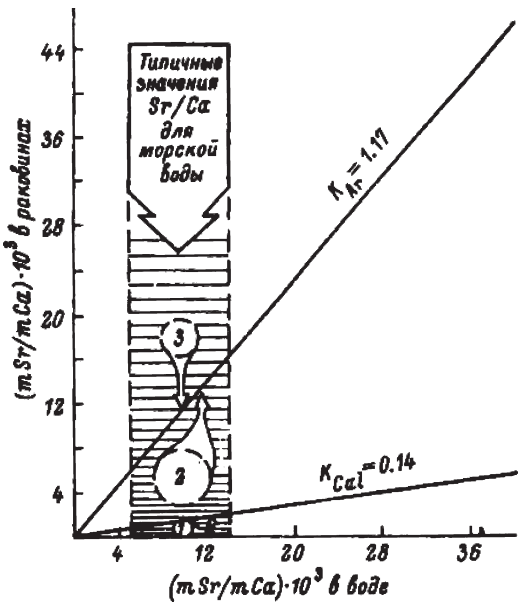


Рис. 13. Схема, поясняющая причину диагенетического привноса или выноса Sr из карбонатных раковин (без учета абиотического фактора — изменения состава порового флюида в диагенезе).

Взято у Я. Э. Юдовича и др., 1980 г. <...>.

Первичные биогенные составы раковин изменяются в диагенезе в направлении, показанном стрелками, — стремясь достигнуть термодинамически равновесного состава для кальцита или арагонита.

1 — кальцитовые раковины с прижизненной дискриминацией Sr; 2 — арагонитовые раковины с прижизненной дискриминацией Sr; 3 — то же, с прижизненной аккумуляцией Sr.

Как поясняется в [3, с. 353], на этом рисунке показано действие в диагенезе биотического фактора, причем наибольшего диагенетического эффекта следует ожидать при однонаправленном действии обоих факторов — первичного биотического и вторичного абиотического:

«Например, если раковина дискриминировала Mg при жизни и была захоронена в осадке с пониженным содержанием Mg в поровом флюиде (что бывает при поглощении Mg глинистыми минералами) — то Mg будет и дальше теряться раковиной. Аналогичное соображение имеет силу для любого примесного элемента, в частности — для стронция».

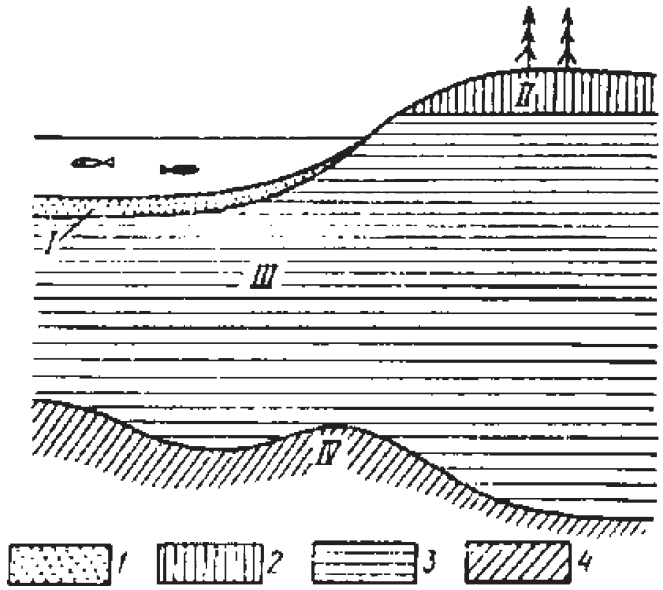


Рис. 14. Границы зон литогенеза, проведенные по гидрогеологическому принципу. *Взято у А. А. Махнача, 1989 г.* [384, с. 13]

Зоны: I — диагенеза, II — гипергенеза, III — катагенеза, IV — метаморфизма (метагенеза). *Воды*: 1 — иловые, 2 — зоны аэрации, 3 — зоны насыщения (собственно подземные), 4 — в надкритическом состоянии.

Эта картинка поясняется в [3, с. 373]:

«Согласно А. А. Махначу, стадия метагенеза в отличие от прочих стадий литогенеза не имеет ярких отличительных особенностей, сочетая в себе черты катагенеза и метаморфизма. Не случайно её вообще не выделяли такие крупные литологии, как Л. Б. Рухин, А. В. Копелиович, Г. А. Каледа. Тем не менее, А. А. Махнач такую стадию выделяет и указывает, что ей присущи более высокие Т и Р (в особенности в зонах стресса), чем стадии катагенеза. Есть отличие и в механизме массопереноса: «*Высокая уплотненность пород в зоне метагенеза затрудняет процессы фильтрации подземных вод, на первый план выходит диффузионный массоперенос и, как следствие, здесь высока роль процессов метасоматического замещения и твердофазных реакций*» <...>. По свидетельству В. Н. Холодова <...> нижняя граница зоны катагенеза отвечает литостатическому давлению 5—3 кбар, и Т = 300—350 °С. Обобщив литературу, А. А. Махнач <...> пришел к выводу, что граница катагенез/метагенез определяется присутствием в осадочной толще жидкой воды — собственно подземных вод, что соответствует температурам 374—450 °С. Ниже вода находится в надкритическом состоянии».

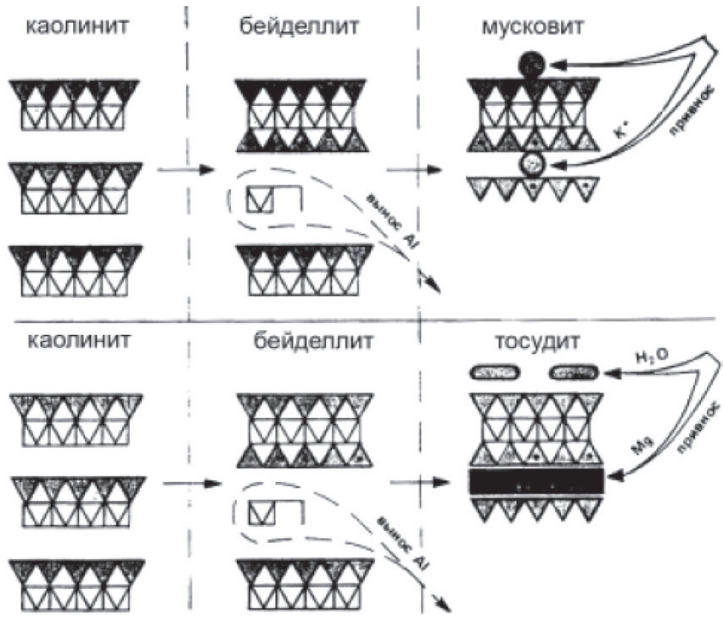


Рис. 15. Трансформации каолинита в гидротермальных экспериментах.

Взято у В. А. Франк-Каменецкого и сотр., 1991 г. <...>

В присутствии раствора KCl каолинит трансформируется в бейделлитоподобную фазу и затем в мусковит (вверху). В присутствии же $MgCl_2$ он преобразуется в тосудит (хлорит/смектит) — внизу.

Эта картинка поясняется в [3, с. 391]:

«Процессы иллитизации (и реже — хлоритизации) каолинита в катагенезе происходят только при наличии в среде K, Na, Ca, Mg или Fe. Если же глубинному катагенезу и последующему низкоградному метаморфизму подвергаются низкокалиевые железисто-глиноземистые лепигенные формации, обогащенные элементами-гидролизатами (Fe, Al, Ti) и непременно содержащие первичный каолинит, то наиболее обычным минералом-наследником каолинита является не гидрослюда, а пирофиллит, образующийся по реакции «каолинит + кварц = пирофиллит». Обзор соответствующей литературы приведен в книге «Основы литохимии» <...>. Примерно о том же писали В. А. Дриц и А. Г. Коссовская в своей сводке-1984 <...>. Они отмечали, что в кварц-каолинитовых толщах по мере нарастания катагенеза-метагенеза происходит трансформация:

• каолинит ⇒ каолинит+диккит ⇒ диккит пирофиллит, тогда как в полимиктовых толщах наблюдаются иные пути трансформации:

• каолинит ⇒ слюда (в аркозово-глинистых толщах), каолинит ⇒ хлорит (в грауваккових толщах)

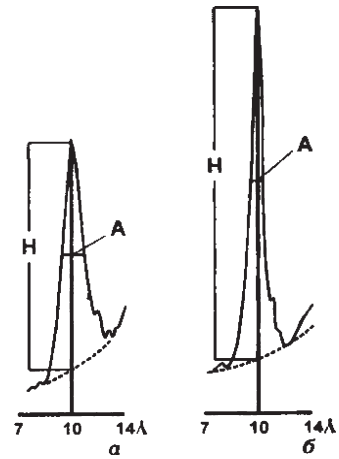


Рис. 16. Базальный рефлекс гидрослюды менее (а) и более (б) высокой степени кристалличности. H — высота рефлекса, A — его ширина в середине высоты.

Взято у А. А. Махнача, 2000 г. <...>.

В отношении последнего замечают, что «*процесс этот хорошо прослежен микроскопически, но на кристаллохимическом уровне не изучен*» <...>. Действительно, в литературе нам встретились описания только первого пути трансформации каолинита. Так, гидрослюдизация каолинита, связанная с привносом калия, отмечалась в визейских отложениях Донбасса <...> и в пермотриасовых песчаниках Испании <...>. В гидротермальном эксперименте воспроизведено замещение каолинита мусковитом, причем процесс мусковитизации оказался двухстадийным <...>».

Согласно [3, с. 398],

«Оценивают кристалличность гидрослюды по так называемой «полуширине» — т. е. ширине пика на дифрактограмме в области базального отражения 10 Å на половине высоты пика (A, отсчет ведется от линии фона — рис. <...>). Чем меньше эта величина (острее пик), тем выше кристалличность».

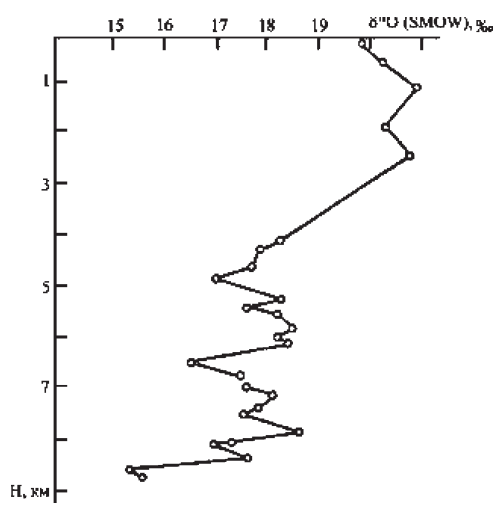


Рис. 17. Облегчение изотопного состава кислорода гидрослюды 1Md в пелитовой фракции верхнеюрско-нижнемеловой толщи Грейт-Вэлли (Сев. Калифорния) в результате катагенетической потери изотопно-тяжелой межслоевой воды.

Взято у А. А. Махнача, 1989 г. <...>.

Согласно пояснению в [3, с. 398],

«Одним из признаков слюд поздних стадий термального катагенеза-метагенеза считают характерную изометричную форму их частиц <...>. Замечательно, что этот процесс сопровождается облегчением изотопного состава кислорода гидрослюд, потому что тяжелый кислород ^{18}O преимущественно сосредоточен в межслоевой воде, а не в силикатной матрице (<...>).

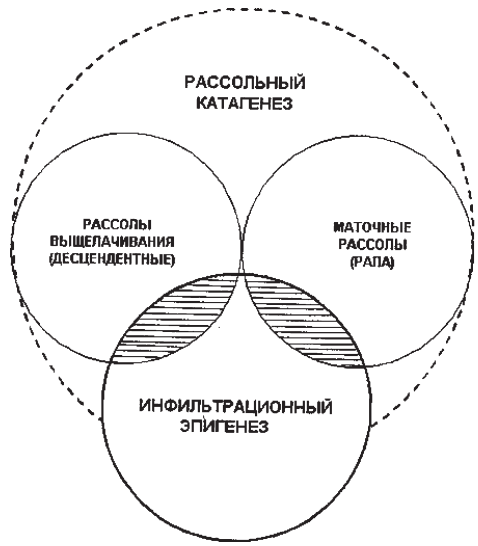


Рис. 18. Пересечение тематических полей «Рассольного катагенеза» и «Инфильтрационного эпигенеза», показанное с помощью кругов Эйлера.

Заштрихованы области, соответствующие двум генотипам рассолов.

Справа — десцендентные (нисходящие) рассолы солеродного бассейна. Они инфильтруются через дно бассейна в подстилающие толщи до тех пор, пока на дне не будет образована плотная непроницаемая корка солей. Слева — рассолы выщелачивания, возникающие вследствие инфильтрации метеогенных пресных вод в соленосные отложения **<...>**.

Эта картинка иллюстрирует один из признаков важного процесса *рециклизации,* когда рассольный катагенез может осложняться инфильтрационным эпигенезом, названном нами *регрессивным*. Согласно [3, с. 464—464],

«Вслед за инфильтрационным эпигенезом воздымания может начаться эрозия осадочных толщ, что приведет к рециклизации осадочного материала, т. е. к повторению цепочки литогенетических процессов:

мобилизация ⇒ транспортировка ⇒ седиментация ⇒ диагенез ⇒ термальный катагенез погружения ⇒ тектоническая инверсия, инфильтрационный катагенез воздымания.

Однако повторный седиментогенез-диагенез оказывает побочное влияние на подстилающие породы предыдущего цикла литогенеза! Это обстоятельство оказалось упущенным в теории литогенеза — и в этом как раз и состояла суть теоретических новаций В. И. Чалышева <...> и Э. И. Пирруса <...>. Эти геологи впервые обратили внимание на необычность «аллодиагенеза» или «наложенного диагенеза»: будучи по сути диагенезом, он осуществляет интервенцию в подстилающие слои, диагенез которых давно закончился.

Процесс заключается в том, что территория (чаще всего — платформенная), сложенная осадочными породами, испытывает тектоническое опускание; осадочные породы покрываются водами трансгрессирующего бассейна, в котором формируются новые влагонасыщенные осадки, а в последних своим чередом начинается диагенез. При этом в погребенные под свежими осадками слои просачиваются сверху как воды бассейна, так и поровые воды молодых осадков с растворенными в них газами — что ведет к диагенетическому «по форме» и эпигенетическому «по содержанию» минералообразованию. Таким образом, это тоже инфильтрационный эпигенез, но в отличие от гипергенного эпигенеза воздымания, здесь осадочная толща погружается, и в нее инфильтруются не «дистиллированные» метеорные воды, а воды бассейна + поровые воды. Это — весьма существенная разница! Ибо такие воды могут быть, например, болотными (и будет происходить ресилификация бокситов — замещение их шамозитом и каолинитом) или морскими (и будут формироваться вполне «диагенетические» карбонатные и пиритовые конкреции).

Более того, новый цикл литогенеза может начаться даже с соленакопления — когда погружающаяся толща заливается рассолами солеродного бассейна. В этом случае в ней могут появиться такие, совершенно ей несвойственные минералы, как гипс или галит. Очевидно, что такой «гравитационно-рассольный катагенез» <...> является частным случаем инфильтрационного эпигенеза погружения. Кроме того, как мы видели в Лекции 18, существуют рассолы выщелачивания — полностью порожденные инфильтрацией пресных вод. Как видим, здесь пересекаются два типа процессов (что создает немалые трудности для преподавателя!): рассольный катагенез и инфильтрационный эпигенез (рис. <...>)».

4. Дефицитные *Продукты вулканизма* (2010)

Вулканизм является самым древним и во многих отношениях — самым важным геологическим процессом. Именно базальтовый вулканизм более 4 млрд. лет назад создал первоначальную поверхностную твердую оболочку планеты Земля — земную кору. И лишь позднее, когда тот же вулканизм (за счет выделения из лавы летучих продуктов) породил первоначальные гидросферу (океан) и атмосферу — на Земле стали действовать экзогенные факторы породообразования — начался литогенез, т. е. формирование осадочных горных пород.

По мере геологической эволюции Земли количество осадочных пород в земной коре нарастало, и они сформировали новую оболочку коры — стратисферу[7]. Однако с появлением стратисферы вулканизм отнюдь не прекратился — он продолжался, периодически усиливаясь и ослабляясь. Но теперь вулканогенные продукты (лава, тефра, эксгаляции, гидротермы) в разных пропорциях сочетались и смешивались с продуктами литогенеза. Так на Земле, наряду с нормальным литогенезом появился смешанный тип литогенеза — *вулканогенно-осадочный*. Соответственно, появились и сильно дифференцированные продукты такого литогенеза, имеющие экономическое значение — руды, которые также могут аттестоваться как вулканогенно-осадочные. Согласно определению Г. Ф. Крашенинникова, «***вулканогенно-осадочными*** *являются породы, состав которых полностью или частично определен материалом, поступившим на поверхность Земли во время вулканических извержений, одновременных с осадконакоплением, и в той или иной степени переработанным экзогенными процессами, в частности осадочной дифференциацией вещества, как механической, так и химической*» <…>.

Теперь мы знаем, что это определение должно быть уточнено, поскольку поствулканические эксгалятивно-гидротермальные процессы могут продолжаться спустя очень длительное время после эффузий (т. е. собственно вулканизма). ***В результате вулканический процесс оказывается не вполне синхронным с седиментацией и может захваты-***

[7] Заметим, что термин «стратисфера» существует только в русской геологии. В западной геологии его нет, и редакторы научных журналов, куда мы хотели бы послать статью, его просто не понимают и в недоумении принимают за «стратосферу». Эквивалентом термина «стратисфера» в англоязычной литературе является термин «sedimentary shell».

вать стадию диагенеза осадков. Именно так в основном образуются замечательные смешанные (вулканитовые + осадочные) породы — *пиперитыы*: чаще всего они формируются в стадии диагенеза влагонасыщенного осадка.

Еще большее усложнение в определение «вулканогенно-осадочный» вносит эксплозивный процесс, порождающий интрузивные пирокластиты — так называемые *туффизиты*, а в более общем определении петербургских литологов — *породы-флюидолиты*. Такой процесс может накладываться на давно литифицированные толщи, где осадочные породы находятся на стадии катагенеза. «Осадочным» для таких флюидолитов является только то, что породившие их глубинные флюиды достигают и зоны гипергенеза, где секущие тела флюидолитов становятся стратиформными и приобретают облик обычных пластообразных осадочных пород.

Известно, что Н. М. Страхов выделял три типа вулканогенно-осадочных формаций: (а) собственно эффузивную, представленную лавами и туфами, без сколько-нибудь заметной примеси в них терригенного материала; (б) эффузивно-терригенную, в которой кроме лав и туфов заметна доля песчаных и глинистых пород, с тем или иным участием в их составе пирокластики; (в) эффузивно-кремнистую, в которой наряду с лавами и туфами большое участие принимают гидротермальные силициты — яшмы и кремнистые сланцы.

Если диагностика первого типа без труда выполняется с помощью традиционных методов (достаточно определить данную породу как вулканит), то диагностика двух других типов — задача далеко не тривиальная, а во многих случаях — крайне сложная. Достаточно напомнить о многолетних ожесточенных спорах геологов в отношении природы кремнистых пород (если в кремнистых толщах нет никаких эффузивов); генезиса некоторых металлоносных черных сланцев и даже фосфоритов; давно дискутируется проблема генезиса гигантских месторождений железа и марганца, и в особенности — генезис гигантских стратиформных месторождений сульфидных руд в карбонатных и черносланцевых толщах без явных признаков синхронного вулканизма.

Кроме того, вулканизм в огромной степени (гораздо большей, чем это казалось раньше) влияет на осадочное рудообразование. Вулканогенную (эксгалятивную и гидротермальную) природу имеют многие гигантские *стратиформные месторождения* железа, марганца, золота,

платиноидов, цветных металлов, бора, фтора, вероятно также урана, германия и рения. В частности, вулканизмом порожден важнейший генотип *геохимических горизонтов стратисферы*, с которым связаны промышленные эпигенетические месторождения цветных и редких металлов.

Однако помимо явного проявления вулканизма в литогенезе, с формированием мощных толщ эффузивов и туфов, вулканизм оказывает многообразное ***скрытое влияние*** на осадочное породо- и рудообразование, которое часто вовсе не очевидно. Для распознавания такого влияния решающими оказываются ***геохимические методы диагностики***, основанные на содержаниях и соотношениях породообразующих и малых элементов, а также на изотопных отношениях.

Всем этим методам был посвящен курс лекций, прочтенных нами в Сыктывкарском Ин-те геологии зимой–весной 2009 г. и затем изданный в виде книги [4]:

4. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Геохимические и минералогические индикаторы вулканогенных продуктов в осадочных толщах. — Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 412 с.

Как и предыдущий курс («Минеральные индикаторы литогенеза», 2008 г. [3]), данный курс представляет собою часть более общей темы — «Геохимические индикаторы литогенеза». Книга включает Введение, Заключение и девять лекций (глав): (1) Вулканизм и литогенез; (2) Вулканогенные геохимические горизонты; (3) Вулканизм и осадочный рудогенез. Общие вопросы; (4) Вулканогенно-осадочные руды. Некоторые примеры; (5) Минеральные индикаторы вулканизма; (6) Литохимическая диагностика туффоидов; (7) Литохимия туффоидов и эффузивов в древних толщах; (8) Индикаторные элементы-примеси; (9) Изотопные метки вулканизма.

Монография основана на большом количестве фактического материала (более 550 библиографических источников), широтой обобщений и оригинальностью ряда выдвигаемых в ней концепций. Вследствие этого, книга пользовалась повышенным спросом[8].

[8] Особо нуждающемуся страдальцу пришлось даже подарить собственный авторский экземпляр, чем и объясняется странный заголовок этого раздела: при необходимости что-то найти в собственной книге, авторам приходилось брать ее в библиотеке! Кроме того, к сведению читателей необходимо заметить, что в 2015 г. пиратская фирма Директ Медиа без ведома авторов выпустила (и продавала в Интернете!) «Издание второе, стереотипное».

Как еще раз отмечено в книге [4, с. 6] собственно геохимические критерии диагностики не всегда можно четко отделить от критериев минералогических — существует поле перекрытия тех и других, образованное *изотопными методами*, которые с равным правом можно относить и к геохимии, и к минералогии (рис. 19).

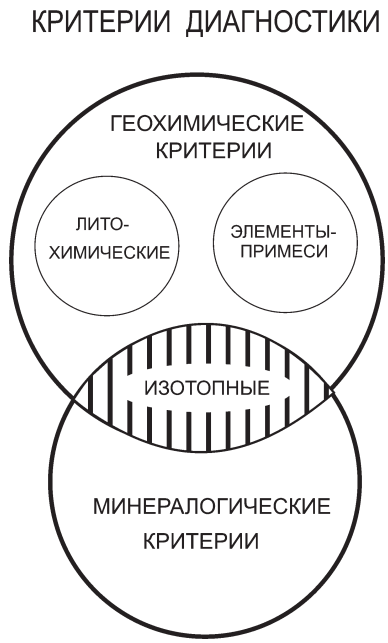


Рис. 19. Тематические поля в проблеме «Диагностика вулканогенных продуктов в осадочных толщах», показанные с помощью кругов Эйлера.

Содержание книги полностью освещено в Заключении [4, с. 638—650][9]:

«1. Поскольку нормальный литогенез происходит на Земле повсеместно — от полюсов до экватора, а вулканизм локализован в отдельных эндогенно-активных зонах, это создает у геолога впечатление о второстепенной роли вулканизма в литогенезе, т. е. о небольшом вкладе вулканогенно-осадочного литогенеза по сравнению с тремя другими (выделенными Н. М. Страховым) чисто экзогенными, климатическими типами: гумидным, аридным и ледовом. Однако такое впечатление обманчиво; на самом деле, приведенные материалы показывают огромное влияние вулканизма не только на седиментацию, но отчасти и на постседиментационные стадии литогенеза.

[9] Из приведенных в книге 54 картинок, здесь произвольно отобрано 7, иллюстрирующих главным образом главы 3, 6 и 7.

Мощное влияние вулканизма на седиментацию стало очевидным после осуществления международных программ геофизических исследований и глубоководного бурения в океанах, показавших, что интенсивность субмаринного вулканизма по крайней мере на порядок превосходит интенсивность вулканизма наземного. Была открыта грандиозная система срединно-океанических хребтов, в которых базальтовый вулканизм непрерывно рождает новую океаническую кору. При этом был обнаружен и океанский гидротермальный процесс в зонах спрединга (расширения), где в рифтовых щелях на гребнях срединно-океанических хребтов происходит постоянный процесс взаимодействия океанской воды с молодыми горячими базальтами. В итоге, весь объем вод Мирового океана проходит через стадию гидротерм с нагреванием до 300–400 °С и взаимодействием с раздробленным базальтовым веществом в восстановительной среде при pH до 2.5–4 и давлении 300–500 атм. за 3–5 млн. лет. Открытие океанского гидротермального процесса радикально обогатило две геологические концепции: (а) эксгаляционно-осадочного рудогенеза и (б) геохимического баланса.

В последние годы появились многочисленные свидетельства более значительной роли эксплозивного литогенеза — не только в виде широкого распространения в стратисфере туффоидов (туфов и туффитов), но и в форме ранее почти неизвестных интрузивных пирокластитов, примерами которых являются уральские алмазоносные «вишериты» и ряд других экзотических горных пород. Они образуются в результате смешения интрузивной пирокластики (туффизитов) и нормального (экзогенного) осадочного материала. Правильная диагностика таких образований исключительно важна для поисков полезных ископаемых.

Приведенные в Лекции 1 материалы показывают явное (но чаще скрытое, «закамуфлированное» по выражению А. Г. Коссовской) влияние вулканизма на формирование многих широко распространенных осадочных горных пород — кремнистых, глинистых и карбонатных, а также континентальных углеродистых (углей). Особенно ощутимо влияние вулканизма на геохимию водно-осадочных углеродистых пород — черных сланцев. Вулканизм не только создает черты «геохимической специализации» многих черных сланцев, но может выступать в роли «триггера» (спускового механизма) при самом формировании углеродистых осадков — за счет поднятия в атмосфере pCO_2 (или накопления метана, в дальнейшем окисляющегося до CO_2) и удобрения водных экосистем элементами-биогенами (фосфором, железом, медью, цинком и др.). Таким образом, можно выделить два механизма влияния вулканизма на литогенез: (1) прямое (аклиматическое), проявленное, например, при формировании таких заведомо вулканогенных осадочных пород, как бентониты или угольные тонштейны, а также седиментационно-диагенетических образований — пиперитов; (2) косвенное (климатическое),

когда эксплозивный островодужный вулканизм запыляет атмосферу и порождает похолодания (вплоть до оледенений), а эксгаляционный плюмовый вулканизм, наоборот, обогащает атмосферу парниковыми газами и вызывает потепление и формирование черных сланцев.

2. Как показано в Лекции 2, вулканизм порождает геохимические горизонты (ГГ) в стратисфере — сравнительно узкие стратиграфические интервалы, существенно обогащенные над кларковым уровнем каким-либо химическим элементом (или их группами) — специализированные на породообразующие (Fe, Al), малые (Ti, P, Mn, Ba, Sr, P, V, Cr, Ni), и редкие элементы (U, Th, Sc, F, As, Hg и некоторые др.). Источником химического элемента для таких горизонтов является вулканическое извержение в форме лавы, пепла-пирокластики, вулканических эксгаляций и порожденных ими гидротерм. Эти четыре разновидности источников создают и соответствующие разновидности ГГ, но несомненно, что самыми распространенными в стратисфере являются ГГ пепловой природы, которые могут быть по масштабам региональными и даже надрегиональными. Вулканогенные ГГ присутствуют во всех подразделениях стратисферы — как в древнейших дорифейских, так и в фанерозойских. Вулканогенные ГГ имеют некоторые общие характеристики, в числе которых — хронологические, морфологические и металлогенические.

Хронологические характеристики выражаются в субсинхронности вулканизма и вулканогенных ГГ. «Субсинхронность» (т. е. не полная синхронность) обусловлена тем, что вулканогенные ГГ нередко несколько смещены вверх по стратиграфической колонке от пароксизмов вулканизма, отмеченных прослоями тефры.

Морфологические характеристики можно разделить на вертикальные (стратиграфические) и латеральные. Как правило, вулканогенный ГГ не является просто единичным пластом или пачкой осадочных пород с выше-кларковым содержанием химических элементов (хотя есть и такие). Чаще всего вулканогенный ГГ может быть уподоблен «слоеному пирогу» — это не один, а серия сближенных в разрезе геохимически-аномальных слоев, разделенных «безрудными» слоями с околокларковыми содержаниями химических элементов. В результате единый вулканогенный ГГ оказывается сложно стратифицированным, что было показано в Лекции 2 на примере верхнепалеозойского Mn-горизонта на Урале. Очевидно, что такая картина отражает повторяющиеся импульсы вулканизма и связанной с ним эксгалятивно-гидротермальной активности. Латеральная неоднородность вулканогенных ГГ может порождаться двумя факторами — эндогенным и экзогенным (фациальным). Эндогенный фактор сказывается в разновидностях современных металлоносных осадков океана, где решающим оказывается расстояние области седиментации от мест разгрузки вулканогенных гидротерм. Если таких

мест немного, то в строении ГГ проявляется латеральная зональность — т. е. закономерная изменчивость на площади распространения таких осадков. Если же гидротермальные поля имели сложную конфигурацию, то латеральная изменчивость содержаний рудных элементов будет представляться незакономерной — «хаотичной». Фациальный фактор прекрасно проявлен при сравнении фторного ГГ в карбоне «карбонатной» Елецкой и «сланцевой» Лемвинской зон Севера Урала и Пай-Хоя: в зависимости от состава осадков накопление F либо явное — в форме флюрита (в карбонатных фациях), либо скрыто в виде «избыточного» фтора в породах (лишь отчасти сконцентрированного в фосфоритовых конкрециях). Кроме того, в конденсированных глубоководных толщах вулканогенные ГГ проявляются четко, а в одновозрастных мощных разрезах вулканогенный материал «размазан» на большой стратиграфический интервал и поэтому сильно разубожен, так что ГГ оказывается неконтрастным — слабо отличающимся от кларкового (фонового) уровня.

Металлогеническая характеристика вулканогенных ГГ задается эволюцией состава тефры или вулканогенных гидротерм. Так, на примере металлоносных осадков океана было показано, что Fe и Mn являются самыми ранними накоплениями, а полиметаллы и Ba — более поздними. Аналогично, если в процессе длительного вулканизма состав тефры менялся от базальтового до риолитового, то в геохимическом спектре вулканогенного ГГ ассоциация базофильных металлов Fe-Mg-Mn-Cu-Ni (Zn, Co) сменится ассоциацией ацидофильных металлов (Si-K-Rb-Ba-Pb-Sn).

Перечисленные общие характеристики вулканогенных геохимических горизонтов могут проявляться не только порознь, но и одновременно, сильно усложняя наблюдаемую геохимическую картину.

3. С вулканизмом генетически связано стратиформное рудообразование (Лекции 3 и 4), в том числе проявленное в форме целого ряда месторождений-гигантов, служащих основными источниками Fe, Mn, S, Cu, Pb, Zn, Ba, F. Значительна (но, по-видимому, все еще недооценена) роль вулканизма и в формировании месторождений P, Sr, U, B и целого ряда редких элементов (Ge, Re, Mo и др.). Данные, полученные во второй половине XX в., показали, что для формирования многих месторождений-гигантов огромную роль играл не наземный, а субмаринный вулканизм.

Важнейшей особенностью большинства вулканогенно-осадочных месторождений является их тесная пространственная и генетическая связь с соответствующими геохимическими горизонтами. Как правило, промышленно-важные рудные месторождения формируются на базе геохимических горизонтов — в результате эпигенетической мобилизации рудных компонентов и концентрации их в меньшем объеме вмещающих пород».

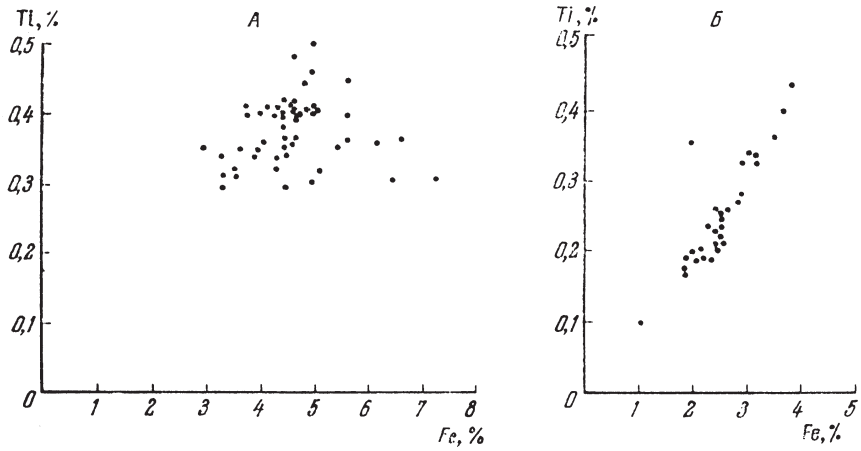


Рис. 20. Соотношение содержаний железа и титана в верхнем слое осадков Санторинской вулканической зоны. А — в кальдере, Б — за кальдерой.

Взято у Г. Ю. Бутузовой, 1969 г. <...>

В [4, с. 227] эта картинка поясняется:

«В верхнем слое осадков Санторинской вулканической зоны установлен существенно разный тип корреляции «Fe—Ti». В закальдерных осадках оба элемента, входящие в состав одних и тех же темноцветных минералов пиро- и вулканокластики (магнетит, пироксены), обнаруживают тесную корреляцию. Напротив, в осадках кальдеры, где велик вклад гидротермального железа (составляющего здесь не менее половины от валового содержания Fe) содержания Fe и Ti не показывают никакой связи. Этот красивый результат получен Г. Ю. Бутузовой <...> — рис. 20».

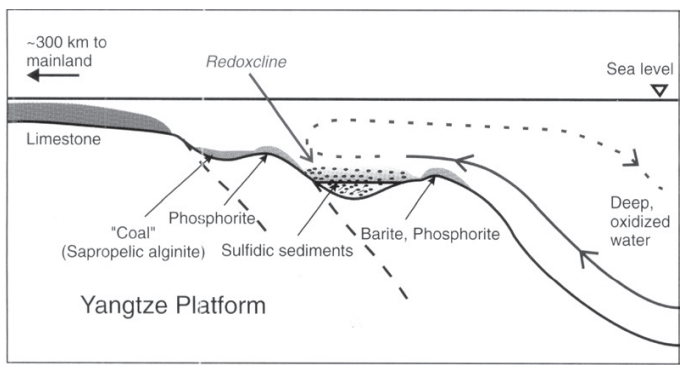


Рис. 21. Предполагаемая раннекембрийская палеогеография на западном краю платформы Янцзы.

Взято у Б. Лемана и др., 2007 г. <...>.

На этой картинке показано [4, с. 250], что сингенетичные полиметальные сульфидные осадки отложились в локальных эвксинных бассейнах с некомпенсированной седиментацией. Широкое развитие фосфоритов на западном краю шельфа, на границе его с океанским глубоководьем, указывает на апвеллинг глубинных окислительных океанских вод.

4. Минеральные индикаторы вулканизма были рассмотрены в книге-2008 «Минеральные индикаторы литогенеза». В данной книге (*Лекция 5*) эти материалы несколько обновлены и даны в сокращенном виде. Они разделены на (а) индикаторы пирокластики и (б) индикаторы гидротерм и эксгаляций.

«Распознавание свежей пирокластики, например, характерных вкрапленников кварца, санидина, основных плагиоклазов, пироксенов и роговых обманок, или не менее характерных «рогулек» вулканического стекла — не представляет никакой проблемы. Проблема возникает в случае постседиментационного изменения пирокластики, когда она, по замечательному выражению А. Г. Коссовской, становится «камуфлированной» — неопределимой обычными петрографическими методами вследствие трансформации ее в минералы-наследники. Эти минералы и являются индикаторами пирокластического петрофонда: смектиты, цеолиты, каолинит и некоторые другие, такие как давсонит и палыгорскит. Индикатором пирокластики может явиться даже такое, казалось бы, широко распространенное явление, как окремнение карбонатных толщ. Дело в том, что подводное разложение (гальмиролиз) вулканического пепла сопровождается освобождением части SiO_2, этот процесс может приводить к окремнению вмещающих пород. Замечательным индикатором камуфлированной пирокластики являются детально изученные в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН фосфатсодержащие кремнисто-бертьериновые конкреции. Что касается цеолитов, то пока слабо осознается, что филлипсит, клиноптилолит, анальцим и другие цеолиты — «просто так» не образуются, а требуют непременного присутствия в осадке полевошпатового или витрокластического прекурсора. Поэтому можно считать, что диагенетическое и катагенетическое формирование цеолитов по субстрату вулканического стекла или полевошпатовой кластики является самым надежным свидетельством былого присутствия в толще вулканогенного материала — либо пирокластического, либо вулканокластического.

Постепенно накопились данные о важной индикаторной роли двух широко распространенных групп аутигенных железистых слоистых силикатов — трехслойных минералов глауконитовой группы (МГГ) и двухслойных семиангстремовых минералов бертьериновой группы (МБГ), которые раньше называли «лептохлоритами». Оказалось, что как МГГ, так и МГГ — образо-

вания гетерогенные. Один генотип таких минералов занимает определенное место на фациальном профиле «континент ⇒ шельф ⇒ континентальный склон», будучи тесно связан с корами гумидного выветривания (источником железа в осадках). Однако другой (вулканогенный) генотип МГГ и МБГ — это минералы афациальные; источником железа для которых была основная пирокластика, разлагавшаяся в диагенезе осадков.

Из числа других минералов-индикторов пирокластики можно назвать также преобладание 14Å-Fe-Mg-хлорита в глинистом веществе. Существенно хлоритовый состав глинистого вещества — необычен, и может оказаться важной уликой перерождения базальтовой пирокластики (в особенности — гиалокластики). Еще одна улика пирокластики — концентрация титановых минералов, известная, например, в ястребовском горизонте девона Русской платформы. В результате образуется специфический тип так называемых «древних пирокластических россыпей». Поскольку титаноносная пирокластика — это тефра не обычных щелочноземельных, а рифтогенных щелочных базальтов, она несет и важную геологическую информацию. Наконец, к числу замечательных индикаторов пирокластики (и/или эксгаляций) относятся стратиформные концентрации флюорита, известные в карбоне всей Русской платформы. Хотя сам флюорит поздний, эпигенетический, накопление фтора в карбонатных осадках было сингенетическим — вулканогенным.

Минералы-индикаторы эксгаляций и гидротерм представляют собой частный случай индикации процессов вулканизма — но не по продуктам пирокластики, а по хемогенным минералам, образовавшихся из горячих растворов или возгонов. К таким минералам относятся Fe-Mn-оксиды или гидроксиды, Fe-монтмориллониты (нонтрониты), магнезиальные силикаты (сепиолит, палыгорскит, тальк), Fe-Mn-Mg-карбонаты, другие металлоносные карбонаты, сульфиды, алунит, барит и некоторые другие, и в частности — самородные металлы и интерметаллиды. Среди последних заслуживает упоминания только недавно обнаруженный, удивительный феномен «воронежского золота».

5. Литохимические индикаторы вулканизма, подробно рассмотренные в Лекциях 6 (фанерозойские толщи) и 7 (древние толщи) — это особенности валового химического состава горных пород, т. е. содержания и соотношения породообразующих компонентов.

Литохимическая диагностика туффоидов производится с помощью модульных диаграмм, где координатными осями служат общая щелочность ($Na_2O + K_2O$, %), модуль нормированной щелочности НКМ = $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$, фемический модуль ФМ = $(Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO)/SiO_2$, титановый модуль ТМ = TiO_2/Al_2O_3, железный модуль ЖМ = $(Fe_2O_3 + FeO + MnO)/(TiO_2 + Al_2O_3)$ и реже (для распознавания низкофемичных кислых пород) — традиционный алюмокремниевый модуль АМ = Al_2O_3/SiO_2. Очень полезен для диагностики и сам облик модульных диаграмм. Обычно при характе-

ристике осадочных толщ какого-то района, когда обрабатываются десятки и сотни силикатных анализов, на модульных диаграммах образуются характерные коррелированные серии-тренды фигуративных точек или их групп — кластеров. Точки и кластеры туффоидов обычно выпадают из этих трендов и этим «выдают» свою (полностью или частично) пирогенную природу.

В числе диагностических критериев могут быть названы железистость, титанистость, магнезиальность и фемичность (показатель, в котором задействованы и Fe, и Mg) — характерные признаки базитового материала; показатели щелочности, используемые для распознавания кислой пирокластики; марганцовистость, как признак эксгаляций, которые могут быть связаны как с основной, так и с кислой магмой; повышенная фосфатность, часто выдающая щелочно-базальтовую пирокластику или эксгаляции, связанные с такой магмой. Поскольку некоторые из перечисленных признаков коррелируются друг с другом, надежность диагноза повышается, когда удается использовать не один, а два или три признака сразу.

Как показано в Лекции 7, распознавание туффоидов (а также эффузивов) в древних толщах часто оказывается не намного более трудным, чем в толщах фанерозойских, хотя и может осложняться процессами аллохимического метаморфизма».

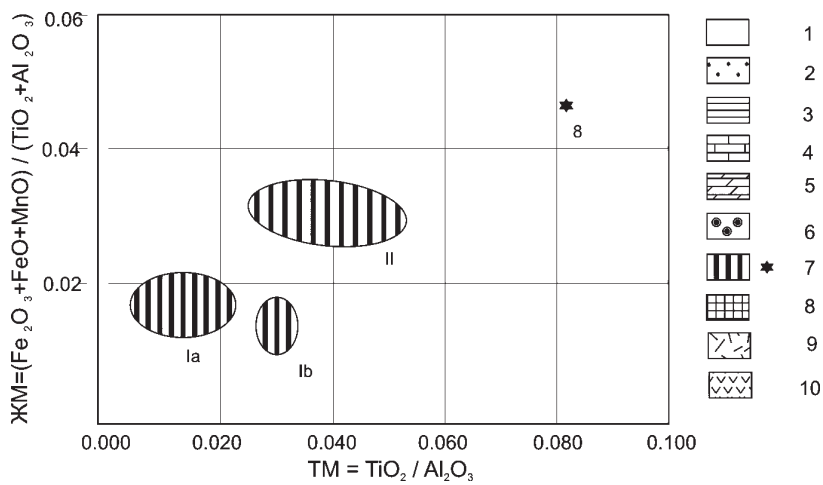


Рис. 22. Модульная диаграмма для нижнемеловых песчаников эксеняхской свиты из скв. Берге-1, Предверхоянский прогиб.

Составлено по данным Г. В. Ивенсен, 1991 г. Взято у Я. Э. Юдовича и М. П. Кетрис, 2000 г. <...>.

Условные обозначения к рис. 22 и последующим модульным диаграммам. 1 — силициты; 2 — песчаники, алевролиты; 3 — глинистые породы; 4 — известняки; 5 — доломиты; 6 — конкреции; 7 — туффоиды; 8 — смешанные кластеры — туффоиды и осадочные породы; 9 — риолиты; 10 — базальты, диабазы.

Как поясняется в [4, с. 392–393],

«...высокая общая щелочность (до 7.3 %, т. е. почти до границы алкалитов) и гиперщелочной состав (НКМ в среднем 0.48—0.54), а также позитивная корреляция на графике ТМ—ЖМ (рис. 22) может означать, что мы имеем дело либо с петрогенными аркозами типа first cycle, либо — с пирогенной примесью в терригенных породах. Обращает на себя внимание очень низкая титанистость: за исключением *кластера V*, ТМ в среднем не превышает 0.029, а в *кластерах I* и *II* составляет всего лишь 0.013—0.014. Это позволяет думать, что данные песчаники вполне могут быть и кислыми туффоидами».

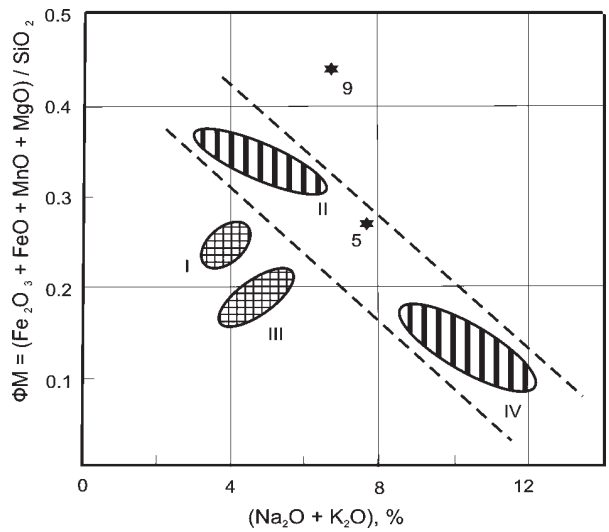


Рис. 23. Модульная диаграмма для верхнемеловых вулканогенно-терригенных пород малокурильской свиты Малых Курил.

Составлено по данным В. К. Гаврилова и Н. А. Соловьевой, 1973 г.

Взято у Я. Э. Юдовича и М. П. Кетрис, 2000 г. <...>.

Условные обозначения см. рис. 22.

Как поясняется в [4, с. 399],

«Вследствие обилия магнезиальных пород для кластеризации наиболее удобна модульная диаграмма ($Na_2O + K_2O$)–ФМ, где хорошо выделяются три-четыре кластера — рис. 23. Можно выделить, с одной стороны, относительно малощелочные породы *кластеров I, III* и с другой — явную серию пород нарастающей щелочности и убывающей фемичности: *кластеры* II → IV. По-видимому, первые (псевдогидролизаты) представляют в основном вулканомиктовые породы, а вторые — туффоиды (сиаллиты, вплоть до алкалитов). Высокофемичный состав *обр. 9* отличается наибольшей магнезиальностью и,

вероятно, отвечает породе с примесью оливин-базальтовой кластики. *Обр. 5* отличается повышенной марганцовистостью. Отмечаем характерный признак пирогенных пород: наличие позитивной корреляции фемичности и титанистости, и негативной — фемичности и щелочности».

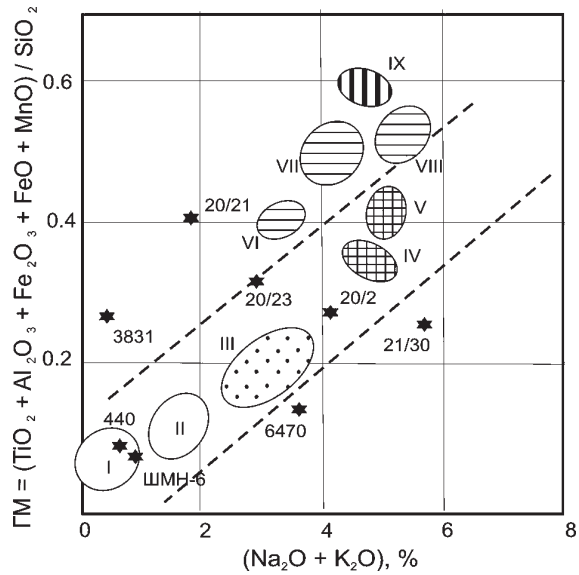


Рис. 24. Модульная диаграмма для отложений пагинской свиты $D_2-D_3^1$.
Взято у Я. Э. Юдовича, М. А. Шишкина, Н. В. Лютикова и др., 1998 г. <...>.
Условные обозначения см. рис. 22.

Как поясняется в тексте книги [4, с. 402–403],

«Литохимическая обработка данных по пагинской свите впервые позволила аттестовать многие породы как туффоиды <...>. На модульной диаграмме (рис. 24) большинство точек вне кластеров должны аттестоваться как туффоиды. Среди них выделяется составы с Сев. Харуты (обн. 20) и Чигим-Харуты (обн. 21), для которых характерно накопление железа, фосфора, титана или повышенная щелочность (обр. 21/30). Двумя последними особенностями (титанистость и щелочность) отличаются породы с Мал. Надоты.

Можно считать, что все аномальные породы содержат примесь пирокластики. Кремнистая порода с Паги (обр. 440) отличается гипержелезистостью и супертитанистостью (ЖМ = 1.24, ТМ = 0.071), а окремнелый алевролит с Мал. Надоты (обр. ШМН/6) — только супержелезистостью (ЖМ = 0.59). Весьма специфичный состав имеют вишнево-красные сланцы с р. Колокольни (обр. К10/3851). Породы аттестуются как марганцовистые псевдосилиты (ГМ = 0.27, MgO = 6.40, MnO = 1.05 %). Рентгеновский анализ

показывает присутствие заметного количества хлорита, диагностичны также примеси Zn, Ni, Co, Cu и даже Ge. Все это не оставляет сомнения, что мы имеем дело с вулканогенно-осадочной породой — туффоидом каких-то базитов. Поскольку в породе почти отсутствуют кальций и щелочи, можно думать, что вулканогенный материал в ней не кластический, а эксгалятивный. Примечательны также находки кремнисто-шамозитовых (= бертьериновых) конкреций в сланцево-известняковой толще лек-елецкой свиты по лев. берегу Ельца в 1 км ниже устья Хароты. Эти тела имеют вид или маломощных конкрецоидов толщиной 1—2 см, или настоящих конкреций размером 10 × 15 см и показывают характерное накопление фосфора (P_2O_5 1.03—2.75 %), Zn (310—345 г/т), Ni (120—160 г/т) и Pb (40—50). Такие конкреции отражают присутствие в породах «закамуфлированной» базитовой пирокластики <...>».

Весьма показательна также выполненная нами литохимическая обработка составов пород мела и палеогена Украинских Карпат (рис. 25).

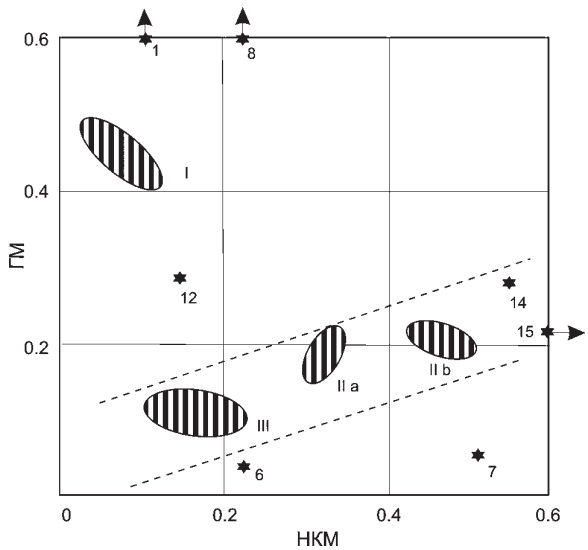


Рис. 25. Модульная диаграмма для палеогеновых пирокластитов во флишевой толще Сев. склона Украинских Карпат.

Составлено по данным И. М. Афанасьевой, 1983 г.

Взято у Я. Э. Юдовича и М. П. Кетрис, 2000 г. <...>.

Условные обозначения см. рис. 22.

Как поясняется в [4, с. 423],

«Среди приведенных на рис. 25 составов туфогенных палеогеновых отложений Карпат И. М. Афанасьева (1983 г.) выделяет бентониты, окремне-

лые туффиты и туфы. Очевидно, что бентониты являются продуктами глинизации туфов, а окремнение сопутствует процессу глинизации. Характерная особенность модульной диаграммы — значительное количество точек, которые выскакивают из кластеров. Это может иметь две причины: (а) сильную неоднородность первичного состава туфов, (б) явления алохимического изменения. Последнее мы видим на примере окремнения. На модульной диаграмме туфы образуют коррелированную совокупность, но удаётся выделить целый ряд разновидностей (*кластеры III, IIa, b* и отдельные породы). Туфы сильно дифференцированы по щелочности — вплоть до алкалитов (*обр. 14, 15*). Попадаются и сильно карбонатные составы (вероятно, с сидеритом — *обр. 8*); весьма экзотичен состав *обр. 1*: псевдогидролизат с мощной аномалией титана (TiO_2 = 5.18 %, ТМ = 0.428!). Окремнелые туффиты также отличаются повышенной титанистостью.

Бентониты образуют *кластер I*; они характеризуются низкими титанистостью и щелочностью, но в отличие от туфов более гидролизатны и фемичны. Характерно и важно для диагноза присутствие среди них магнезиальных пород — псевдосиаллитов (три анализа из пяти)».

<...>

Помимо породообразующих, важными индикаторами вулканизма являются содержания (и соотношения) элементов-примесей (Лекция 8).

В группе типичных катионогенных элементов-литофилов (Li, Rb, Cs, Tl, Sr, Ba), наиболее информативен барий, концентрации которого чаще всего связаны с эксгаляционно-гидротермальными процессами. Несомненна индикаторная роль и стронциевых геохимических горизонтов, выявленных в карбонатном палеозое Севера Урала и Пай-Хоя. Пока еще не вполне понятна природа концентраций Sr в карбонатных толщах рифея, но их вулканогенная природа также представляется вероятной.

В группе катионо- и анионообразующих литофилов с постоянной валентностью (Be, Sc, REE, Ga, Ge) наиболее информативны некоторые соотношения редкоземельных элементов, а также содержания германия.

В группе катионо- и анионогеннных элементов с переменной валентностью (Ti, Zr, Hf, Th, Sn, V, Nb, Ta, Mo, W, U, Re) наиболее информативны элементы, способные образовывать летучие соединения: Sn, Mo, W, U, Re, а также «подвижный» реакционно-способный V, который может эффективно сорбироваться на свежеобразованном гидроксиде железа.

В группе типичных анионообразующих литофилов (B, P, F, Cl, Br, J) самыми хорошими показателями вулканизма являются фтор и бор; в ряде случаев можно уверенно говорить об индикаторном значении фосфора, а по последним данным — и иода (в аккреционных комплексах осадков).

В группе металлов-сульфофилов (Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, In, Pb, Bi) вне конкуренции по своим индикаторным качествам — ртуть. Однако и другие

сульфофилы являются в большинстве случаев индикаторами вулканизма, поскольку терригенный источник их концентраций (ореольное обогащение при эрозии рудных месторождений) чаще всего локален и не формирует геохимических горизонтов. Для вычленения вулканогенной (гидротермальной) доли элементов-сульфофилов из валового содержания их в породах или осадках, обычно применяют нормировку по заведомо терригенным элементам-свидетелям, например, Zn/Al и т. п.

В группе неметаллов-сульфофилов (As, Sb, Se, Te) практически все эти летучие элементы (за исключением теллура?), присутствие которых отмечается в эксгаляциях действующих вулканов, должны быть индикаторами вулканизма. Например, в черносланцевых толщах карбона Пай-Хоя и Верхоянского комплекса Якутии уже выявлены мышьяковые геохимические горизонты регионального масштаба.

В группе элементы-сидерофилов (Fe, Cr, Mn, Co, Ni, PGE) помимо железа, главнейшим индикатором является марганец, который в валентном состоянии Mn(II) обладает высокой миграционной способностью. Как было показано в Лекции 2, марганцевые вулканогенные геохимические горизонты (т. е. интервалы разреза с вышкларковыми концентрациями Mn) нередко имеют региональную и даже надрегиональную протяженность, что можно видеть на материалах палеозоя Севера Урала и Пай-Хоя.

Для индикации вулканогенных продуктов широко используются данные изотопной геохимии, оперирующей с отношением стабильных изотопов кислорода, углерода, серы, стронция, и реже — других элементов, например, таких как кремний, неодим, осмий (Лекция 9).

Важными индикаторами вулканизма являются аномально-низкие значения величины δ^{13}Скарб, связанные с разгрузкой на морское дно эндогенного метана. С другой стороны, до сих пор не получил убедительного истолкования «карельский изотопный феномен», называемый в западной литературе «Ломагунди-Ятулийской изотопной экскурсией» — формирование доломитов с необыкновенно тяжелым изотопным составом $C_{карб}$, достигающим +18 ‰. Скорее всего, и этот феномен связан с эндогенной метаногенерацией.

Надежно апробированным можно считать использование изотопного отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$ в породах, отражающего долгопериодные колебания состава морской воды, определявшихся соотношениями потоков мантийного (вулканогенного, обедненного радиогенным изотопом ^{87}Sr) и терригенного стронция. При этом есть смысл перейти от неудобного в практической работе показателя $^{87}Sr/^{86}Sr$ — к нормированной величине $\delta^{87}Sr$, ‰ с нормировкой по морской воде ($^{87}Sr/^{86}Sr = 0.7092$, $\delta^{87}Sr = 0$). При таком нормировании величина $\delta^{87}Sr$ мантийных базальтов составит в среднем −10 ‰, древних коровых гранитов +29 ‰, средней речной воды около +4 ‰ и т. д., что намного удоб-

нее громоздких цифр $^{87}Sr/^{86}Sr$, где при сравнениях приходится учитывать до 4—5 знаков после запятой.

В последние годы огромный прогресс в технике изотопных измерений позволил вовлечь в орбиту геохимии изотопные отношения таких тяжелых элементов, как Fe, Mo, Os. Особенно впечатляют ***успехи в геохимии осмия***; вследствие большой контрастности изотопного состава природного осмия и его малого времени пребывания в океане (всего около 10 тыс. лет против 3 млн лет у стронция!), величина $^{187}Os/^{186}Os$ в породах оказалась замечательным индикатором, позволяющим судить о кратковременных колебаниях состава морской воды, определявшихся соотношениями потоков мантийного (вулканогенного, обедненного радиогенным изотопом ^{187}Os) и терригенного осмия. Тем самым удается, с небывалой до этого детальностью восстанавливать летопись вулканических эпизодов, послуживших «триггером» глобальных климатических изменений, порождавших формирование мезозойских и кайнозойских черносланцевых горизонтов, отвечающих «глобальным аноксическим событиям» (OAE) в Мировом океане».

5. Самая толстая *Индикация литогенеза* (2011)

После того, как мы с **Мариной Петровной Кетрис** счастливо разделались с *Минеральными индикаторами литогенеза* [3], можно было наконец вернуться к геохимии применительно к литогенезу. Но если в 1970-е гг. речь шла о применении геохимических методов для диагностики только фаций седиментогенеза, то теперь, в Третьем Миллениуме, следовало ставить проблему гораздо шире и гораздо интереснее: *Геохимическая диагностика литогенеза*! Ибо геохимия, как выяснилось, дает информацию (иной раз бесценную) не только о фациях седиментогенеза, но и процессах диагенеза, катагенеза и финального гипергенеза осадочных пород.

— Однако что конкретно означало это «теперь», как это выглядело в натуре?

— А в натуре это выглядело так: 4 (четыре) коробки с перфокартами, в каждой около 1000 штук — рефератов статей и книг. Просмотрим коробки (только на это ушло несколько месяцев) и часть отсеем; останется не менее 3000 (трех тысяч) рефератов — статей и книг. Из них в те далекие 1970-е годы я прочитал-проработал от силы процентов 5—10. Ну еще процентов 10 — приличные рефераты, которыми можно рискнуть воспользоваться, не видя работы в подлиннике. В основном эти рефераты тоже старые; нынешние рефераты в РЖ настолько безграмотны, что пользоваться ими уже совершенно невозможно. Итого в остатке: тысячи полторы (!) статей и книг, которые надобно заказать и «прочитать».

Отдельно следует пояснить, что в нашем случае означало «прочитать».

Для этого процесса следует подобрать какое-то другое, более адекватное название: препарирование? обмолот? потрошение? вытрясание? выцарапывание? Все эти термины означают некие насильственные действия, напоминающие тот шмон, которому подвергаются южноафриканские негры-горняки, поднимающиеся на поверхность из алмазной шахты… Нашей задачей с **Мариной Петровной Кетрис** было: извлечь из данной работы всё то, что в ней есть, а также и всё то, чего в ней нет (но могло быть!).

В итоге к 2011 г. была завершена книга [5]:

5. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). — Сыктывкар: Геопринт, 2011. 740 с.



Рис. 26. Характерный результат галерной работы, весом 1.7 кг. Книгу держит Марина Петровна Кетрис. Снято 10 марта 2022 г.

Когда я подарил эту книгу **Николаю Павловичу Юшкину**, он изумился тому, что нам удалось её напечатать и заметил: «*Эту книгу даже трудно поднять*».

Данная книга представляет собой завершающий курс лекций, прочтенных первым автором научным сотрудникам Ин-та геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН с ноября 2009 г. по май 2010 г. Этому курсу предшествовали еще два, прочитанные в 2008—2009 гг. — «Минеральные индикаторы литогенеза» и «Геохимическая и минералогическая диагностика вулканогенных продуктов

в осадочных толщах», вскоре изданные в форме соответствующих книг, т. е. [3] и [4].

Итак, материалы, изложенные в книге [5], собирались более 40 лет и покоятся на огромной библиографической базе, насчитывающей несколько тысяч статей и книг. Примерно 30 % этого количества в 1967—2010 гг. заказывалось в библиотеке Коми НЦ (бывшего прежде Коми филиалом АН СССР) и по межбиблиотечному абонементу, а с появлением электронных адресов — добывалось через Интернет непосредственно у авторов, после чего полученные тексты тщательно прорабатывались с составлением подробных рефератов. Что касается такого электронного ресурса, как Science Direct, то он использовался нами в крайне ограниченном объеме, поскольку мы не могли платить за эту информацию (как известно, лишь ничтожная доля материалов SciDirect находится в свободном доступе). Но, конечно, всё собранное библиографическое богатство изучить de viso не было возможности; значительное количество работ по теме осталось в виде рефератов в Реферативном журнале «Геология», а в 1967—1970 гг. — и в американском Chemical Abstracts.

Компьютерная эра наступила для нас очень поздно — первый ПК появился у нас только в 1995 г. С этого времени прекратилось традиционное составление выписок (рукописных — на перфокартах и машинописных — в папках): все собираемые нами материалы стали представлять собой компьютерные файлы. Неоценимое преимущество компьютерной работы — возможность любого редактирования и свободного манипулирования файлами путем мгновенного и ничем не ограниченного перемещения их в нужные разделы Курса лекций (вместо ножниц и клея!) — революционизировало подготовительную работу и сделало ее высокопроизводительной.

Первоначально все собиравшиеся материалы получали условный шифр *«Геохимическая диагностика фаций»* и составляли фактографическую базу депонированной в 1976 г. в ВИНИТИ небольшой одноименной монографии <...>. Но с ходом времени тематика этого раздела сильно расширилась и, по существу, охватила всю геохимию осадочных пород. Таким образом, постепенно количество собранных материалов перешло в качество: в сущности, данный Курс являлся не просто перечнем и характеристикой геохимических (и минералогических) индикаторов литогенеза, а *Литологической геохимией* — Геохимией осадочных пород. Будучи, однако, построенным на совершенно

иных принципах, чем существующие сочинения по геохимии осадочных пород, например книги Э. Дегенса, А. Б. Ронова или В. Н. Холодова <...>, данный Курс отличается значительным своеобразием и близких аналогов не имеет.

Состоящий из 26 лекций Курс предваряется двумя вводными лекциями, посвященными общетеоретическим, историческим и методическим проблемам. Здесь большое внимание уделено *самому понятию геохимических индикаторов*, дана их простая типизация и подробно обсуждены их возможности. Мы используем составленную нами еще в 1970-е гг. типизацию фаций, специально приспособленную к задачам геохимической диагностики, уделив особое внимание иерархическому строению геохимических систем. Дело в том, что без ясного понимания этой иерархии (рис. 27) никакая осмысленная процедура геохимической диагностики невозможна — мы будем работать вслепую и лишь случайно добиваться успеха (но чаще — терпя жестокое фиаско, и реагируя на него подобно Мартышке с Очками).

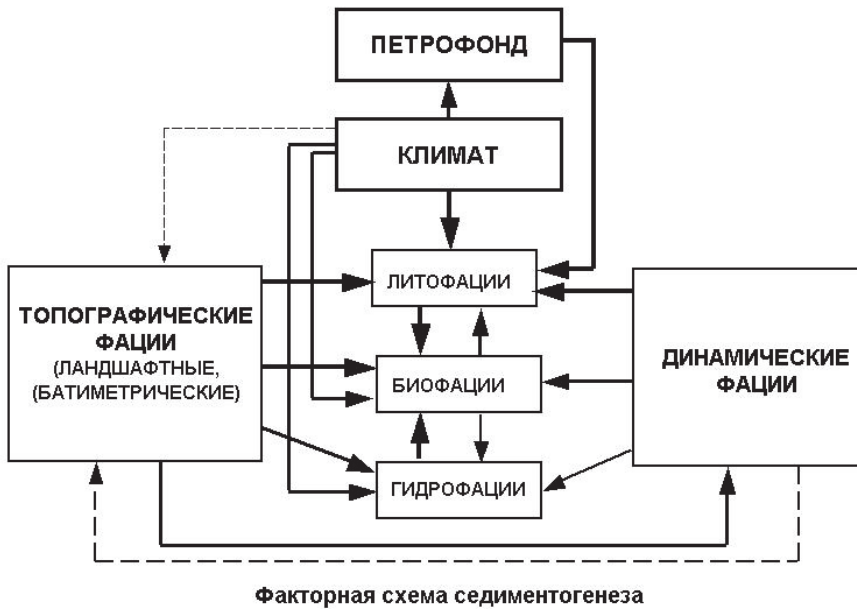


Рис. 27. Факторная схема фаций седиментогенеза. Толщина стрелок соответствует предполагаемой силе влияния фактора. Пунктиром показаны слабые или эпизодические связи.

Затем следуют 24 лекции, посвященные детальному рассмотрению разнообразных геохимических индикаторов; эти лекции в сово-

купности образуют несколько тематических блоков, соответствующих процессам и последовательным стадиям литогенеза.

Первый тематический блок — «*Индикаторы петрофонда*» в составе четырех лекций. В курсе-2008 по Минеральным индикаторам [3] о петрофонде рассказывалось очень подробно. Здесь мы вновь конспективно напоминаем о минералах-индикаторах, однако для определения петрофонда (*теллурического* — с его разновидностями и *космогенного* — Лекция 6) геохимические индикаторы не менее важны, чем минеральные. Мы подробно разбираем использование для индикации теллурического петрофонда как породообразующих элементов (т. е. методы литохимии — Лекция 3), так и различных элементов-примесей (Лекция 4). Специальное внимание уделяется использованию изотопных отношений (Лекция 5).

Следующий крупный блок данного Курса — *климатический*. Климат определяет самое начало литогенеза — выветривание, а также оказывает сильное влияние на седиментацию — через гидрофации. Распознаванию климатических обстановок посвящаются две лекции — 7 и 8. Материал рубрицируется точно так же, как и при диагностике петрофонда (литохимия, элементы-примеси, изотопы).

Затем мы переходим к самому крупному блоку Курса — *фациальному*. Он настолько обширен (10 лекций), что его пришлось разбить на три самостоятельных раздела, посвященные диагностике гидро-, топо и динамофаций. Сначала рассматриваются самые популярные задачи геохимической диагностики — диагностика *гидрофаций*, т. е. характеристик водных масс — солености, pH–Eh и температуры. Лекции 9 и 10 посвящены определению солености (первая — с использованием бора (рис. 28) и галогенов, вторая — других элементов, как породообразующих, так и примесных, а также изотопных соотношений). Заметим, что исторически именно с этой проблемы и началась вся геохимическая диагностика литогенеза. На эту тему в 2007 г. в Томске был прочитан специальный курс лекций для литологов («Томские лекции»), охвативший только диагностику солености палеобассейнов. Прошло всего три года, и этот раздел уже пришлось дополнять новыми материалами.

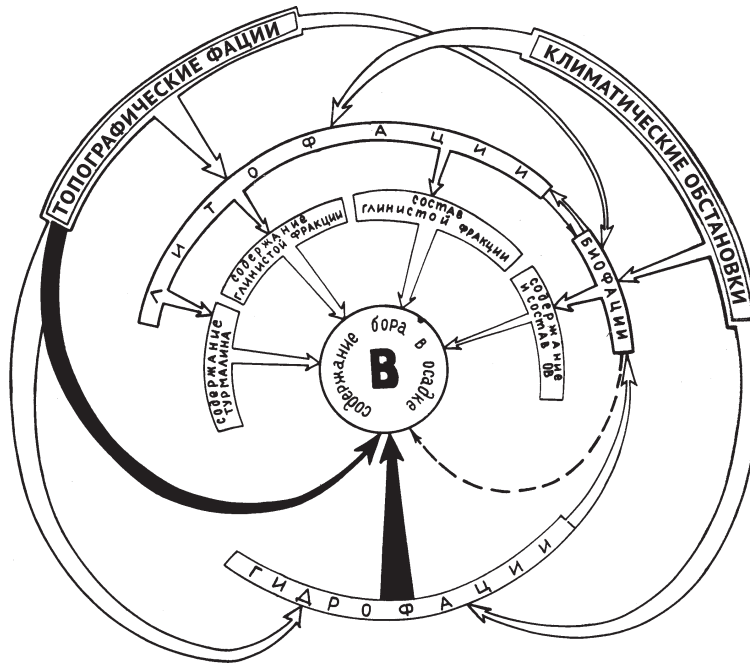


Рис. 28. Факторная схема «Бор в осадочной породе (или в ее аналогах).

Лишь два фактора (гидрофация — соленость и топофация — глубина бассейна, которая обусловливает скорость седиментации) воздействуют на содержание бора непосредственно.

На этой картинке видно иерархическое строение системы, в которой большинство факторов сами являются функциями факторов более высокого ранга.

Следующие четыре лекции посвящаются диагностике редокса; с этой проблемой связана и практически необозримая литература по геохимии черных сланцев <...>, в которой так называемым *глобальным океанским аноксическим событиям* (*OAE* в западной литературе) уделяется в современной геохимии исключительное внимание. В связи с необыкновенным расцветом изотопной геохимии, в разработке данной проблемы в последние годы отмечаются большие достижения. В Лекции 11 разбираются общие методические вопросы диагностики редокса, в трех последующих — конкретные индикаторы: породообразующие элементы (Лекция 12), элементы-примеси (Лекция 13), изотопные отношения (Лекция 14). Лекция 15 целиком посвящена диагностике температуры и pH палеобассейнов. При этом материалы по диагностике температуры водных масс, с одной стороны, и по диа-

гностике климата — с другой, очевидно, значительно перекрываются; поэтому отнесение их либо к лекциям 7+8, либо к лекции 15 — в значительной мере произвольно (рис. 29).



Рис. 29. Пересечение задач диагностики климата и гидрофаций, показанное с помощью кругов Эйлера

В последнем фациальном разделе подробно анализируется проблема диагностики топографических (на суше — ландшафтных, под водой — батиметрических) и динамических фаций. И здесь также существуют перекрытия с темой диагностики гидрофаций. Ведь, к примеру, распознавание топофаций в ряду *аллювиальные — лагунные — прибрежно-морские — бассейновые* есть в значительной мере и распознавание солености.

Тем не менее диагностика топо- и (особенно) динамофаций имеет и самостоятельный смысл, не сводящийся к распознаванию гидрофаций. В литологии существует почти необозримое множество работ, в которых в той или иной форме применяются геохимические методы для характеристики (или распознавания) топофаций. Действительно, когда геологи говорят о «фациях», они чаще всего имеют в виду именно *топофации* (т. е. ландшафтные и батиметрические), например, пытаясь отличить «прибрежно-морские» отложения от «бассейновых» — более глубоководных. Детальному анализу этих исканий посвящены Лекции 16 (топофации терригенных отложений), 17 (топофации гидро- и биогенных отложений) и 18 (динамофации). Конечно, здесь также невозможно избежать условности в распределении материалов, ибо

динамические и топофации тесно взамосвязаны (например наиболее мелководные топофации обычно являются и наиболее динамичными).

На этом завершается рассмотрение геохимической диагностики седиментогенеза, и мы переходим к постседиментационному блоку — *диагенетическому*. Здесь материал распределен по трем лекциям, посвященным соответственно раннему (Лекции 19 и 20) и позднему (Лекция 21) диагенезу. Как и в некоторых предыдущих лекциях, вначале обсуждаются ключевые теоретические вопросы: типизация диагенеза, проблема трактовки состава поровых вод и поглощенных комплексов и т. д. Во всех разделах рассматривается индикаторное значение отдельных химических элементов и их отношений, а также некоторых изотопных отношений. В Лекции 21, посвященной позднему диагенезу, главным предметом нашего рассмотрения из элементов является стронций, из минералов — карбонаты, а из изотопов — изотопы углерода. Тема этой лекции очень сильно перекрывается с аналогичной лекцией в курсе-2008 «Минеральные индикаторы литогенеза» [3], потому что строго разделить здесь собственно геохимию и минералогию невозможно.

Четвертый блок данного Курса — *постдиагенетический*, состоит из трех лекций: посвященных собственно термальному катагенезу погружения; рассольному катагенезу-эпигенезу; инфильтрационному эпигенезу и рециклизации.

В Лекции 22 дан сжатый обзор процессов катагенетической мобилизации примесей из осадочных пород и протекающих одновременно процессов минерального неоморфизма. Специальное внимание уделено современным изотопным индикаторам термального катагенеза. В Лекции 23 разбирается важнейший процесс эпигенетической доломитизации под воздействием мигрирующих рассолов; анализируется использование изотопии кислорода и углерода для распознавания рассольного эпигенеза, а также отчасти затрагивается проблема формирования полиметальных сульфидных руд, которые многие геологи непосредственно связывают с металлоносными рассолами.

Лекция 24 посвящена *инфильтрационному эпигенезу и* его крайнему выражению — рециклизации, т. е. началу нового цикла литогенеза. Инфильтрационный эпигенез многие литологи продолжают именовать катагенезом, что едва ли правильно. Вначале обсуждаются некоторые общие (теоретические) аспекты этого процесса, затем кратко освещаются новейшие веяния в геохимической диагностике инфильтра-

ционного эпигенеза. Отдельно рассмотрены две существенно разные ситуации инфильтрационного эпигенеза — а именно инфильтрация пресных вод (происходящая при тектоническом поднятии осадочно-породного бассейна), и инфильтрация соленых вод, происходящая при трансгрессии моря на погружающуюся сушу. Наконец (как и в теме рассольного эпигенеза — и такое перекрытие пока что неизбежно), затрагивается проблема генезиса стратиформной минерализации в зонах стратиграфических несогласий; последняя, по мнению многих геологов, причинно связана с процессами инфильтрационного эпигенеза

Лекция 25 стоит особняком; она посвящена новой теме, еще не освещавшейся в учебных пособиях и потому мало знакомой читателю, — так называемому *флюидному литогенезу*. Под этим понятием объединяются процессы седиментации, диагенеза и катагенеза, происходящие под влиянием разгрузки глубинных флюидов — как холодных, так и термальных. Продукты такого литогенеза отличаются большим своеобразием, но лишь сравнительно недавно стали интенсивно изучаться (рис. 30).



Рис. 30. Южная часть Центральной группы каменных столбов — туристический объект в Болгарии.

Характерный вид группы каменных столбов поразительно напоминает стволы деревьев. Однако как нами, так и другими исследователями с помощью изотопии карбонатного углерода доказано, что полые столбы (песчаник, сцементированный карбонатом) — это результат флюидного литогенеза — былые каналы метановых сипов.

Последняя Лекция 26 посвящена геохимической диагностике литогенеза докембрийских отложений. Как таковая данная лекция в прочитанном Курсе отсутствовала: относящиеся к ней материалы были рассеяны по другим лекциям. Однако ввиду значительной геохимической специфики докембрия (в особенности раннего!) было решено, в интересах читателя, сосредоточить всю имеющуюся у нас информацию по докембрию в отдельной лекции.

В этой книге мы используем тот же методический прием, который хорошо зарекомендовал себя в наших предыдущих лекционных курсах <…>, а именно — сопровождаем лекции специальным *Комментарием*. Смысл этой новации в том, чтобы сохранить ценный фактический материал, но при этом не утяжелить текст лекций. Поэтому в корпусе каждой лекции оставлено только самое главное и нередко — лишь в краткой (конспективной) форме, а в *Комментарии* приведены многочисленные конкретные сведения. Неспециалист, для которого интересно только сделанное обобщение, сможет ограничиться основным текстом, тогда как специалист, как показал опыт, отыщет много полезного для себя именно в *Комментарии*.

Как хорошо известно преподавателям, современный студент свободно путешествует по просторам Интернета. Наш опыт показывает, что студенты младших курсов для сочинения заданных им рефератов предпочитают добывать нужные материалы не из учебников, а из *Википедии*. Бороться с этим невозможно, да и не нужно; однако вместо *Википедии* (в которой далеко не все материалы достоверны) можно рекомендовать студентам воспользоваться *Указателями* в данной книге. С их помощью легко за короткое время собрать материалы по любой теме геохимических рефератов, предлагаемых на младших курсах, например «Использование изотопов стронция для датирования карбонатных отложений», «Геохимия урана в фосфоритах», «Особенности геохимии черных сланцев», «Определение петрофонда по элементам-примесям», и т. д., и т. п.

6. Парадоксальная *Геохимия марганца*

Занимаясь геохимией углеродистых биолитов (т. е. углей и черных сланцев), мы сочиняли очерки гипергенной геохимии около шести десятков элементов-примесей, причем при занятиях геохимией углей пришлось углубиться в геохимию U, Th, V, Ge, As, Se, Hg, Au Ag <…>; при разработке геохимии черных сланцев[10] — в геохимию Cd, Hg, As, Sb, Se, V, Au, U, Ba, P, Mn, Cu, Zn, Pb, B, Cl, F, Br, Mo, W, Re, Cr, Co, Ni, Be, Sc, Y, REE, Ga, Ge, Ti, Zr, Hf, Th, Sn, Nb, Ta <…>, позднее обобщенных в книге-1994 <…>, а при занятиях геохимией карбонатных пород — в геохимию Sr, изоморфного с Ca <…>. Кроме того, занятия геохимией Севера Урала заставили нас детально рассмотреть региональную геохимию хрома <…>, оказавшегося важным геологическим индикатором.

Однако после того, как весящая 1.7 кг *Геохимическая индикация литогенеза* [5], подобно всему предыдущему, основательно надоела, — мы обратились к трем «малым» элементам, которым пришлось посвятить целые монографии: Ti, Mn, P [6, 7, 10].

— Почему? Ведь эти элементы уже были в вышеприведенных списках, ибо геохимия и титана, и марганца с фосфором рассматривалась в книгах и брошюрах по углям и черным сланцам.

— Потому, что только ***эти «малые» элементы с кларками 0.n — 0.0n % определяются в стандартном силикатном анализе горных пород***, который до сих пор считается самым надежным. Но таких, т. е. наиболее достоверных определений Ti, Mn, P — сделано ровно столько, сколько сделано силикатных анализов — то есть ***десятки тысяч***! Это позволяет, во-первых, с большой достоверностью заново рассчитать их кларки в горных породах, а во-вторых, — выявить такие закономерности их геохимии, которые раньше были либо слабо изучены, либо вообще неведомы.

Согласно классическому пониманию геохимии, заложенному в трудах Ф. Кларка, В. Гольдшмидта, В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана

[10] Читатель может заметить присутствие в авторских коллективах брошюр по черным сланцам **Иры Козыревой** (аспирантки Я. Э. Юдовича), но особенно часто — лаборанта **Андрея Мерца** (что вызывало крайнее недовольство начальства Сыктывкарского Института геологии).

и А. П. Виноградова, эта тема должна охватить все вопросы миграции и концентрации марганца в геологических процессах (и в геологических системах — так называемых «геосферах») — высокотемпературных эндогенных и низкотемпературных экзогенных, протекающих в биосфере, т. е. в условиях земной поверхности. В свою очередь, высокотемпературные процессы могут быть подразделены на магматические, вулканические, гидротермальные, метаморфические, а низкотемпературные — на протекающие в разных биосферных объектах — водах, живом веществе (ЖВ), органическом веществе (ОВ), почвах, осадках и осадочных горных породах.

Первое, с чем мы столкнулись, приступая к *Геохимии марганца* — это сугубо ***редакторская трудность: как рубрицировать огромный исходный материал?*** Казалось бы, следует, не мудрствуя лукаво, разделить материал по традиционным 5 аспектам:

1. марганец в эндогенных процессах: в магматитах, вулканитах, гидротермалитах, метаморфитах;
2. марганец в биосферных процессах: в живом веществе, водах, корах выветривания, почвах и осадках;
3. марганец в стратисфере: в осадочных горных породах;
4. марганец как индикатор процессов литогенеза;
5. рудогенез марганца.

Однако в этой простой классификации существуют трудно разрешимые предметно-логические противоречия.

Прежде всего, мы замечаем, что в классификации заложено больше чем одно основание. Первое основание — традиционное, идущее от Вернадского и Ферсмана — это *геосферы* (независимо от того, существуют ли эти «сферы» в предметном мире) биосфера, стратисфера, магмосфера, метасфера. Второе основание — это *процессы*, эндогенные и экзогенные, а также более сложные (комбинированные) — литогенетические. Однако на эти два основания накладывается нечто третье, а именно — *рудогенез*, который теоретически может протекать во всех геосферах и в ходе разных процессов. Но без рудогенеза нельзя построить никакой полноценной геохимии марганца — хотя бы потому, что он включает проблему океанских железо-марганцевых конкреций (ЖМК) и ЖМ-корок, с посвященной им колоссальной литературой.

Таковы бросающиеся в глаза противоречия на самом высоком иерархическом уровне классификации. Но и переходя на более низкие этажи классификации, мы вновь сталкиваемся с проблемой выбора. Например, в части 1 (эндогенной) существует информация о содержаниях марганца в вулканических газах, полученная героическими советскими вулканологами непосредственно на действующих вулканах. Газы и генетически с ними связанные магматогенные гидротермы — неотъемлемая черта процессов магматизма и вулканизма. Но где же место этих материалов — в «вулканитах» или же в «гидротермалитах»? Проблема осложняется тем, что имеются гидротермы катагенетические и метаморфогенные — вовсе не магматические! К тому же многие гидротермы порождают руды; тогда, быть может, место самим гидротермам — в «Рудогенезе»?

Еще больше проблем с распределением материалов по рубрикам возникает в части 2 — биосферной. Например, проблематична тема «Марганец в осадках». Осадки — это бесспорно биосферные продукты («подводные почвы», по Вернадскому), и место им именно здесь, в биосферной части. Но ведь осадки — это и будущие осадочные породы; в фундаментальной «Систематике… 1998» петербургских и московских литологов <…> они так и аттестованы — как «*аналоги*» осадочных пород, т. е. часть стратисферы. Поэтому не уместнее было бы переместить материал по осадкам в часть 3 — стратисферную? Наконец, осадки характеризуют стадию литогенеза — а именно, седиментогенез, и в таком качестве являются ее индикаторами. Тогда, быть может, им место в литогенетической части 4?

Помимо осадков, к бесспорно биосферным продуктам принадлежат почвы и коры выветривания, но и здесь не обходится без проблем, потому что некоторыми крупными геологами, такими, как В. П. Петров и В. Т. Фролов, многие коры выветривания отождествлялись с почвами. Так, В. П. Петров считал мощные накопления мезозойских каолинов — палеопочвенными образованиями, а В. Т. Фролов прямо называл подзолистые почвы — своеобразными корами выветривания умеренной климатической зоны! Дополнительно проблема осложняется тем, что как древние коры выветривания (например, на материках Гондваны) так и современные почвенные образования — *ортштейны* — являются рудами! Так может быть, уместнее рассматривать их геохимию в разделе «Рудогенез»?

Острую классификационную проблему представляет и тема «Марганец в карбонатных конкрециях». Поскольку конкреции — это разновидность осадочных пород, то логично рассматривать соответствующие материалы в «стратисферной» части 3. Но подавляющее большинство конкреций — диагенетические, и марганец является важнейшим индикатором диагенеза; поэтому, может быть, место этих материалов — в «литогенетической» части 4? Опять-таки, проблема дополнительно осложняется тем, что многие конкреции являются рудами; не лучше ли переместить материалы по рудным конкрециям в соответствующий «рудный» раздел?

Другое уклонение от строго логичной классификации — это выделение в «стратисферной» части 4 — самостоятельных рубрик, посвященной *углеродистым биолитам* — черным сланцам и углям. И хотя черные сланцы могут быть в литологическом отношении какими угодно (терригенными, вулканогенными, кремнистыми или карбонатными) — «размазывание» материала по геохимии черных сланцев по литологическим рубрикам привело бы к уродливым деформациям этих рубрик; поэтому они должны быть рассмотрены отдельно. Да и сама внутренняя структура «черносланцевого» раздела части 3 представляет из себя «государство в государстве» — с собственными гипергенезом, литогенезом, вулканизмом, рудогенезом… Подчиняясь только формальной логике, следовало бы поместить все эти вопросы в соответствующих других разделах — но это привело бы к выхолащиванию «черносланцевой» темы, все аспекты которой (седиментологический, вулканический, диагенетический, метаморфический) представляют несомненное предметно-логическое единство.

В той же «стратисферной» части 3, где следует излагать распределение марганца по главным литотипам (терригенным, карбонатным, кремнистым) присутствует и такая необычная рубрика, как «Региональная геохимия марганца», где геохимия марганца рассматривается *во всей совокупности осадочных пород конкретного региона*. Суть этой темы, конституированной нами в качестве нового научного направления в 1981 г. <…> — в отыскании закономерностей геохимии (в данном случае — марганца) в аспекте некоторого региона, когда все другие аспекты (например, климатический, формационный, фациальный, диагенетический, вулканический) оказываются лишь *факторами*, обусловливающими дисперсию содержаний химического

элемента. Как показал наш опыт, такая постановка вопроса вполне имеет право на существование (и у нас быстро появились последователи, в частности, в Якутии <…>). Ведь именно в рамках *Региональной геохимии* были выявлены и сами названные выше факторы и было расшифровано их взаимодействие, зачастую не тривиальное <…>. Более того, если бы мы не располагали этим бесценным региональным опытом — нельзя было бы вообще написать обобщающую книгу по геохимии марганца.

Наконец, с позиций «чистой геохимии», необъятная тема океанских ЖМК и ЖМ-корок должна рассматриваться либо в биосферной части 2 (поскольку это осадки), либо в стратисферной части 3 (поскольку это конкреционные образования), либо в литогенетической части 4 (поскольку это образования седименто- и диагенетические) — но аспект *рудный* задавливает все эти аспекты, словно медведь на теремке. Поэтому ЖМК и ЖМ-корки, представляющие собой грандиозный планетарный ресурс металлов — все-таки тяготеют к рудогенезу[11].

Важно подчеркнуть, что общепризнанных рецептов решения перечисленных классификационных проблем не существует, — и это отдает решение на усмотрение авторов. В итоге размышлений (нередко весьма мучительных), огромный материал, собранный и статистически обработанный нами, был распределен так, как схематически показано на рис. 31 с помощью кругов Эйлера.

Придерживаясь схемы, изображенной на рис. 32, к 2014 г. нам удалось завершить работу в виде книги [6]:

6. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Геохимия марганца. — Сыктывкар: Геопринт, 2014. 538 с.

В этой монографии — указанные выше четыре части, причем уже после того, как был опубликован препринт монографии <…>, были дополнительно обработаны около 500 анализов изверженных пород, аттестуемых в современной петрологии как «щелочные»: ультрабазиты, базиты, средние и кислые. В общем, повышенно марганцовистыми

[11] Предполагавшийся вначале самостоятельный раздел 5. «Рудогенез Mn» был истреблен, а **отдельные вопросы** рудных концентраций марганца рассмотрены в других разделах — в связи с кларковой геохимией марганца, эндогенной и экзогенной. Полный охват темы «Рудогенез Mn» в рамках книги [6] оказался невозможен.

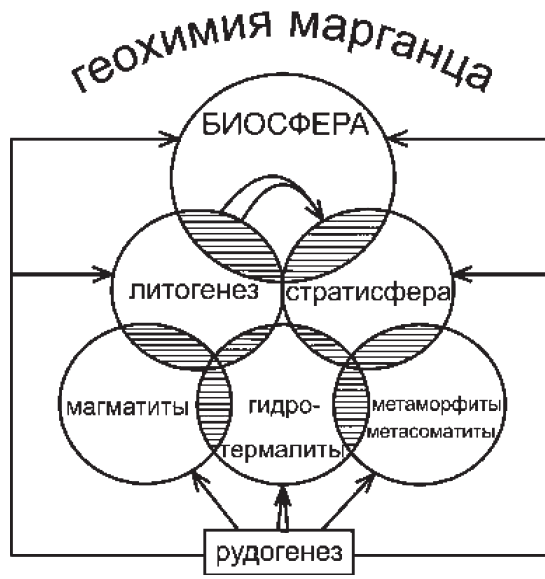


Рис. 31. Концептуальная схема геохимии марганца, показанная с помощью кругов Эйлера.

Заштрихованы области предметно-логических перекрытий.

оказались две последние группы, а среди них — преимущественно натровые (а среди ультрабазитов — калиевые).

В целом же, на основании статистической обработки около 1400 выборочных средних, отвечающих около 93 тыс. анализов, оценены кларки марганца и марганцевого модуля (ММ = Mn/Fe) для основных групп горных пород, включающих гипербазиты, базиты, средние, кислые и щелочные магматические породы; гидротермалиты; изохимические метаморфиты, метасоматиты; терригенные, кремнистые, карбонатные, углеродистые (угли и черные сланцы), конкреционные, фосфатные и эвапоритовые осадочные породы.

Некоторые проблемы, освещенные в книге [6], могут представлять особый интерес для читателя. Среди них — *парадоксальность* геохимии марганца. На нее впервые указал в 1934 г. В. И. Вернадский. Она объясняется мощным влиянием биоса, обеспечивающим необычный характер процессов концентрации и рассеяния, окисления и восстановления Mn, который казалось бы, противоречит законам термодинамики. На основе обобщения современных данных (количество которых со времен Вернадского значительно возросло), кроме Главного

парадокса, открытого Вернадским, в книге выделены и описаны еще 9 парадоксальных черт геохимии Mn, названных именами А. Б. Ронова, Г. Н. Батурина и Дж. Бьюкенена, В. С. Савенко и Ю. А. Ткачева. Из них пять относятся к рудным концентрациям Mn и четыре — к «кларковой» геохимии Mn, в том числе к распределению Mn в изверженных породах, на фациальном профиле и к его поведению в углеродистых биолитах.

Другой поразительно интересной чертой геохимии марганца является загадочный процесс образования океанских ЖМК (железомарганцевых конкреций) а также Fe-Mn-корок.

Известно, что ЖМК и Fe-Mn-корки формируются вокруг (или нарастают на):

— зубов акул (по составу — фосфат);
— слуховых косточек китов (фосфат);
— костных остатков рыб (фосфат);
— раковинок фораминифер (карбонат);
— фекальных пеллет червей-илоядов (фосфатсодержащее глинистое вещество);
— ходов этих же червей (глинистое вещество?);
— на погруженных рифах (карбонат);
— раковинок радиолярий (опал);
— раковинок диатомей (опал);
— частиц вулканического пепла (силикатная горная порода);
— на гальках или вулканических бомбах (силикатная горная порода);
— на базальтовых скалах (силикатная горная порода);
— на любых техногенных предметах (бутылках, консервных банках, гайках, якорях, цепях, проволоке, керамике, металлических или деревянных деталях утонувших кораблей и подводных лодок).

Толщина Fe-Mn-корок зависит только от их возраста, а ржавый металл обрастает корками быстрее, чем свежий. Во всех этих случаях ядро конкреций или субстрат корок отличается по составу от ЖМК или Fe-Mn-корок. И лишь изредка наблюдали нарастание ЖМК-2 на обломки более ранних ЖМК-1, — то есть на родственном субстрате. Такие ЖМК описаны японскими учеными на Севере Тихого океана — где в последние 3.5 млн. лет проходили сильные донные течения, связанные с ростом ледников в Арктике и Антарктике.

Итак, ЖМК и корки «просто так» не образуются — им непременно требуется ядро или субстрат, на котором происходит осаждение твердой фазы Fe-Mn-оксидов, причем в процессе их образования проявлены ***две ключевые закономерности геохимии марганца***.

Первая — это *каталитическое окисление* Mn^{2+}, которое реализуется в двух вариантах. *Автокаталитическое окисление* Mn^{2+} — вначале формируется фаза MnO_2, а затем на ее поверхности происходит сорбция ионов Mn^{2+} и их окисление до MnO_2. *Аллокаталитическое окисление* Mn^{2+} — вначале формируется фаза $Fe(OH)_3$, а затем на её поверхности ионы Mn^{2+} сорбируются и окисляются до MnO_2. Наблюдения, эксперименты и термодинамические расчеты подтверждают реальность обоих механизмов.

Второе ключевая закономрность — это *сорбция*. Как в эксперименте, так и в природе катализ окисления Mn^{2+} происходит на поверхности катализатора. Когда я пытался объяснить студентам роль сорбции в катализе, то приводил в пример ловлю мух на липкой ленте. Попробуйте «окислить» летающую муху (оторвать ей пару лапок-электронов) — ведь для этого её надобно поймать, а муха в руки не дается! Но вот она прилипла к ленте (сорбировалась!). Теперь, когда она может только жужжать — «окислить» ее уже не представляет труда. Замечательным, и может быть самым известным примером такой «мухи» является шестивалентный уран — U(VI), который в растворе никак не удавалось восстановить до U(IV). Но стоило ввести в раствор с U(VI) любую твердую фазу (сорбент!), как U(VI) начинал окисляться и формировать уранинит — минерал четырехвалентного урана. Подобно шестивалентному урану, ион Mn^{2+} удается окислить только после его сорбции на поверхности твердой фазы.

Представление о *магматической геохимии марганца* могут дать фрагменты из книги [6], где излагаются данные обработки анализов вулканитов грандиозного ОЧВП — Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (рис. 32—36).

Рис. 32. Схема районирования Охотско-Чукотского вулканогенного пояса <...>

1—4 — зоны: 1 — внутренняя, 2 — внешняя, 3, 4 — фланговые: 3 — Западно-Охотская, 4 — Восточно-Чукотская; 5 — границы (*а* — ареала распространения вулканитов пояса, *б* — зон, в — секторов. Сектора: Ох — Охотский, Пн — Пенжинский, Ан — Анадырский, ЦЧ — Центрально-Чукотский.



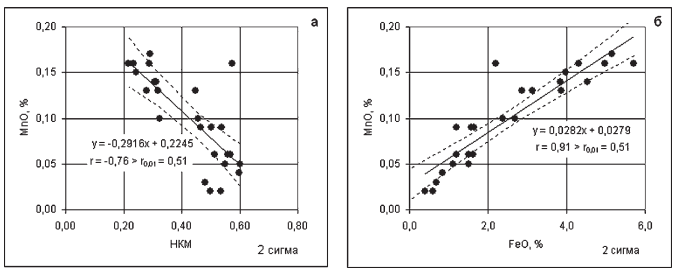


Рис. 33. Корреляции марганца в 25 породных группах пяти вулканических формаций Охотского сектора.

Построено по данным И. Л. Котляра и др., 1981 г. <...>

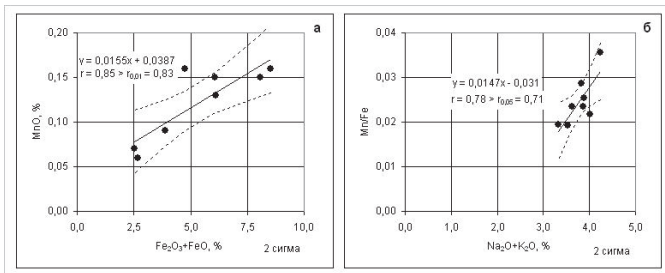


Рис. 34. Корреляции марганца в восьми породных группах трех вулканических и одной интрузивной (тоналит-диоритовой) формации Пенжинского сектора.

Построено по данным И. Л. Котляра и др., 1981 г. <...>

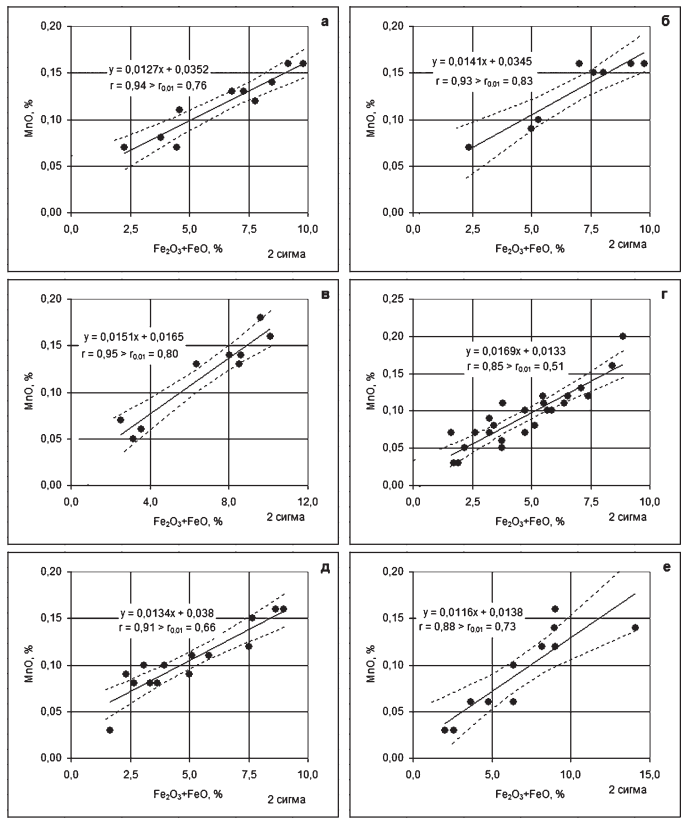


Рис. 35. Корреляции средних содержаний марганца и железа в вулканических формациях Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

а — 3 формации, 10 породных групп Пенжинского сектора; *б* — 4 формации, 8 породных групп, Внешняя зона Анадырского сектора; *в* — 4 формации, 9 породных групп, Внутренняя зона Анадырского сектора; *г* — 3 формации, 24 породные группы, Внешняя зона Центрально-Чукотского сектора; *д* — 4 формации, 14 породных групп, Внутренняя зона Центрально-Чукотского сектора; *е* — 3 формации, 11 породных групп, Восточно-Чукотская фланговая зона.

Построено по данным И. Л. Котляра и др., 1981 г. <...>.

Результаты выполненной обработки резюмируются следующим образом [6, с. 41]:

«1. На всем протяжении громадного Охотско-Чукотского вулканогенного пояса в меловом периоде, точнее в интервале от альба до сеномана, т. е. на протяжении около 16 млн. лет генерировались известково-щелочные магмы, в которых, независимо от геоструктурной позиции вулканических очагов, распределение по породам и корреляционные связи марганца с железом и щелочами оставались строго постоянными. Мы видим практически одина-

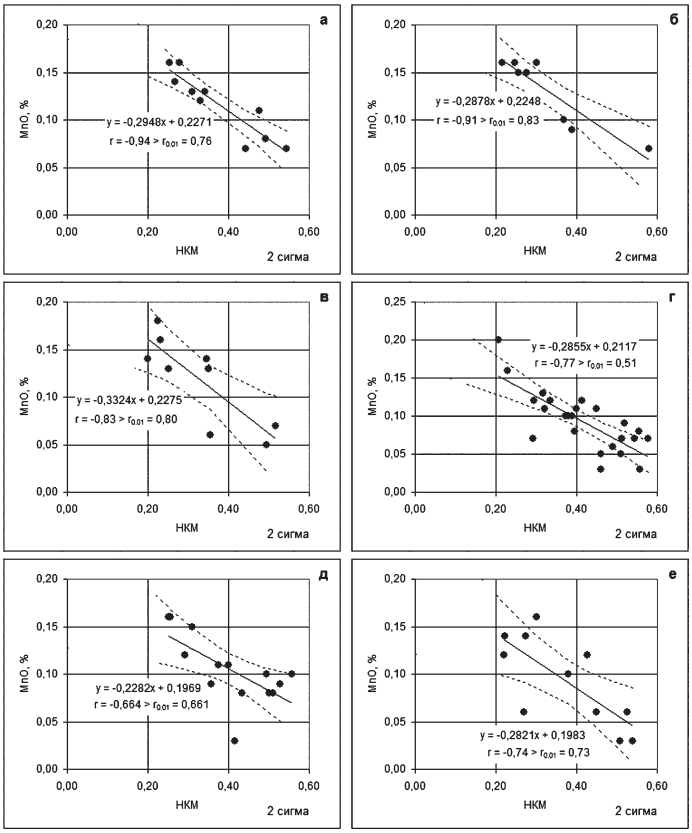


Рис. 36. Антагонизм (отрицательная корреляционная связь) средних содержаний марганца и средней величины коэффициента агпаитности в вулканических формациях Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

Условные обозначения (а–е) см. на рис. 35.

Построено по данным И. Л. Котляра и др., 1981 г. <...>

ковую картину кларковой геохимии марганца как по простиранию ОЧВП (во всех его региональных частях-секторах), так и в элементах его поперечной зональности — во внутренней и внешней зонах пояса.

2. Везде средние содержания марганца в вулканитах отвечают его мировым кларкам для соответствующих групп горных пород, и везде четко проявлена тесная (почти функциональная) корреляция марганца с железом, и сильный антагонизм с SiO_2, калием и с коэффициентом агпаитности НКМ $= (Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$ <...>. Заметим, что антагонизм MnO—НКМ отмечался нами <...> при обработке данных А. А. Ярошевского <...>.

3. Резко выраженная сидерофильность марганца находит свое отражение в зависимости средних содержаний MnO от фемического модуля ФМ, хорошо отражающего содержание в вулканитах темноцветных минералов —

носителей марганца и железа. Эта тесная корреляция марганца и железа обуславливает высокую стабильность величины марганцевого модуля ММ = = Mn/Fe, значения которого также почти нигде не выходят за пределы нормальных кларковых интервалов.

4. Однако эта закономерная картина кларковой геохимии марганца в пределах ОЧВП нарушается в двух ситуациях: (а) в некоторых формациях риолитов, где даже средние значения ММ достигают аномальных значений 0.040, вдвое превышающих кларковые, и (б) в вулканитах Восточно-Чукотской фланговой зоны ОЧВП, где значения ММ, наоборот, аномально понижены. Первое можно связывать с проявлениями марганцевой минерализации, что уже отмечалось нами для риолитов Приполярного Урала <...>. В ОЧВП марганцевая минерализация установлена в Западно-Охотской фланговой зоне, где широко развиты риолитовые формации (золото-серебряное месторождение Хаканджа, комплексное рудопроявление Высокогорное). Второе нарушение кларковой геохимии марганца отражает, скорее всего, специфику фундамента крайней восточной части Восточно-Чукотской фланговой зоны: повышенную мощность гранито-гнейсового слоя одноимённого дорифейского поднятия и высокую калиевую щелочность слагающих его пород <...>. Понижение величины модуля ММ в вулканитах основного и среднего состава в этом случае может объясняться эффектом кислотного-основного взаимодействия компонентов — опережающим ростом химической активности Fe относительно Mn в материнском расплаве, что соответствующим образом отражается и в петрохимии пород (детальная разработка этого аспекта петрологии мелового вулканизма ОЧВП принадлежит И. Н. Котляру) <...>.

5. Если высказанные предположения верны, то аномальные значения величин марганцевого модуля ММ — отличающиеся от регионального геохимического фона, могут служить индикаторами определённых особенностей процессов петро- и рудогенеза».

Представление о *гипергенной геохимии марганца* могут дать фрагменты из книги [6], где излагаются данные обработки анализов А. С. Астахова. Они показали, что на содержание марганца в осадках окраинных морей Востока Азии (отчасти и океанских котловин) влияют не менее пяти факторов, которые могут отчасти коррелироваться друг с другом. Полученные результаты резюмируются следующим образом [6, с. 254—256]:

«**Фактор петрофонда.** Он определяет соотношение в осадках двух основных типов кластики — с материковой окраины Востока Азии (гранитоиды, кислые гнейсы, осадочные породы) и с вулканических дуг (базальты и преобладающие андезиты). Можно предположить также, что немаловаж-

ное значение могла иметь и пирокластика, например, в раннем и среднем миоцене — для осадков Японского моря, в плейстоцене — для осадков других морей.

Фактор климата. Он во многом определяет долю в осадках биогенных компонентов — карбонатов, опалового кремнезема и органического вещества. Карбонаты восстановленных осадков могут быть носителями марганца (родохрозит, железистый гидромагнезит (лансфордит), доломит — в осадках Японского моря), тогда как кремнезем по марганцу стерилен и всегда служит разбавителем концентраций Mn в осадках. Кроме того, климат определяет степень «зрелости» поступающей в осадок терригенной кластики (например, гидрослюда в холодном климате и каолинит — в тропическом). Так возникает определенная связь фактора климата с фактором петрофонда.

Важная роль климатического фактора в накоплении марганца подчеркивалась Е. М. Емельяновым, изучавшим осадки Балтики <...>. Он указывал, что накопления Mn в периодически застойных впадинах платформенных морей происходят в гумидных климатических зонах. Действительно, поскольку источник Mn для эпиплатформенных морей — в основном континент, то поставка терригенного Mn более интенсивна в гумидном климате. Кроме того, в гумидной зоне Mn поступает с континента не только во взвеси, но и в виде растворенных гуматных комплексов. Ведущую роль этого источника для Балтики подчеркивал Э. Зюсс <...>. При этом существенно, что на геохимическом барьере река/море происходит значительное разделение Mn и Fe: большая часть Fe осаждается в составе железогумусовых флоккул, тогда как растворенный Mn уходит дальше в море <...>. Конечно, накопление Mn возможно и в аридных стагнированных бассейнах; однако оно не достигает таких величин, как в бассейнах гумидной зоны (пример — доломитовые мергели Купфершифер). Впрочем, связь накоплений марганца с эвапоритовым процессом — это отдельная тема <...>.

Идея о связи фациального фактора (депрессионные фации) с фактором климатическим (гумидизация) имеет подтверждения и в других регионах, а не только на Балтике. Так, изучение углеродистых осадков залива Саанич показало, что слой, обогащенный марганцем, отвечает эпизоду гумидизации климата <...>.

Топофациальный фактор. Марганец накапливается в аноксических депрессионных осадках котловин окраинных морей, заливов и фьордов.

Фактор диагенеза. Он определяет создание восстановленной зоны в осадках, порождающей «марганцевое дыхание» осадка — энергичное растворение марганца в поровых водах и движение Mn^{2+} вверх, с уходом из осадка, либо (в двухзональных осадках) — с частичной фиксацией в верхней окисленной зоне. Именно с этим фактором можно отчасти связывать резкие колебания величины марганцевого модуля Mn/Fe: потеря марганца осадком

(аномально низкие значения ММ) или обогащение марганцем (аномально высокие значения ММ).

Однако формирование восстановленной зоны осадка полностью зависит от количества захороняемого органического вещества, а это, в свою очередь, отчасти зависит и от климата — в этом проявляется связь литогенетического фактора с фактором климата. Кроме того, аноксия создается и в наддонных водах стагнированных депрессионных фаций, где могут формироваться однозональные восстановленные осадки; в этом случае проявится зависимость данного литогенетического фактора — от топо-фациального.

Фактор вулканогенных гидротерм. Он определяет добавку в осадок гидротермального марганца, который А. С. Астахов называет «избыточным», имея в виду превышение концентрации Mn над литогенным геохимическим фоном. Но разгрузка марганценосных гидротерм происходит по зонам разломов, перекрытых осадочной толщей, что обычно имеет место в осевых частях троговых котловин; так возникает связь этого фактора — с топофациальным.

Таким образом, факторная система «*Марганец в морских осадках*» имеет сложную структуру, что мы попытались изобразить на рис. 37».

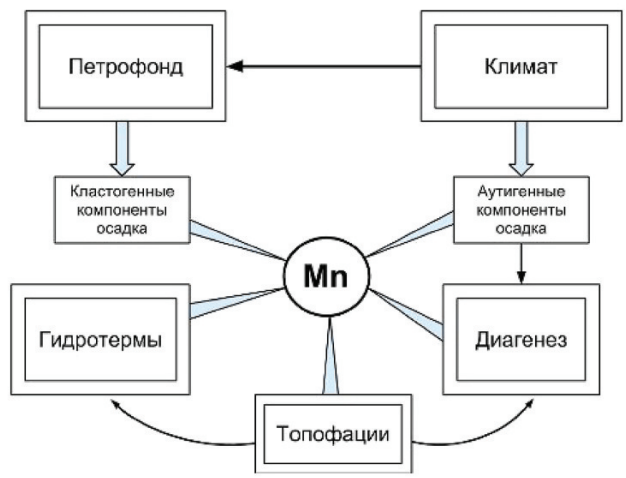


Рис. 37. Факторная схема системы «*Марганец* в осадках окраинных морей Востока Азии».

Построена по материалам А. С. Астахова, 2001 г. <...>.

Чистовой рисунок выполнен Ильей Кетрисом.

7. «Хоть шерсти клок»: *Региональная литохимия* (2016)

После того, как в 1991 г. рухнул СССР, погибла, словно Атлантида, и великая советская (она же и Российская) геология (подробнее об этом — см. ниже, в разделе 11). То, что раньше было строго секретным (например, сведения о месторождениях урана!) — вдруг стало открытым, общедоступным… Но одновременно с этой заменой лагерного социализма на номенклатурный капитализм — то, что раньше было государственным (т. е. общедоступным!) внезапно стало частным, с весьма ограниченным доступом.

Так произошло и с *геологическими фондами* — хранилищем геологических отчетов. Приехав в Сыктывкар в мае 1967 г., автор этих строк на протяжении полувека многократно командировался в Воркуту — для изучения геологических отчетов в фонде мощной ВКГРЭ (Воркутинской комплексной геолого-разведочной экспедиции). В этом состояла подготовка к очередному полевому сезону на Севере Урала и на Пай-Хое [1]. Без такой подготовки (совершенно обязательной и для любого геолога из Москвы или Ленинграда) выезд в поле был просто невозможен.

В числе бесценной геологической информации (например, в отчете по геологической съемке 1:200.000 какого-либо листа геологической карты), находились и геохимические данные — в частности, таблицы силикатных анализов горных пород.

Разработав в 2000 г. *концепцию литохимии* на тысячах как своих, так и чужих силикатных анализов, автор считал нужным включить в орбиту литохимии и всё, что содержалось в производственных отчетах — в том числе по районам, где сам побывать не смог. Однако после 1991 г. человеку из академического института попасть в фонды (которые вскоре из Воркуты переехали в Сыктывкар) оказалось практически невозможным: теперь фонды стали доступными «только для своих».

Как известно, «*с паршивой овцы — хоть шерсти клок*». Этот «клок» был найден такой: пусть кто-то из «своих» (еще продолжающих служить в остатках рухнувшей производственной геологии) — будет брать в фондах отчеты и передавать их мне, а я буду искать в них силикатные анализы. Так мы стали сотрудничать с давним приятелем — бывшим

воркутинским геологом **Владимиром Терешко**[12]. – он добывал отчеты (в том числе по бокситоносной толще Тимана[13], по совершенно неведомому мне о-ву Вайгач и по гряде Чернышева). Из этих отчетов моя лаборантка **Наташа Рыбина** старательно заталкивала в компьютер силикатные анализы, а я их обрабатывал. Графики (модульные диаграммы), как обычно, строила **Марина Петровна Кетрис**. В результате нашей дружной работы, в 2016 г. на свет появилась книга [7]:

7. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Терешко В. В., Рыбина Н. В.*** Очерки литохимии Тимано-Уральского региона. — Сыктывкар: Геопринт, 2016. 236 с.

Данная книга состоит из двух существенно различных частей: *1. Древние толщи* и *2. Палеозойские толщи*.

Почти все материалы первой части не являются новыми, так как публиковалось в двух наших монографиях (1998 и 2002 гг.), а также в сборнике проведенной нами в Сыктывкаре Второй всероссийской Школы по литохимии (2006 г.). Однако, поскольку эти издания давно стали библиографической редкостью, и вдобавок прекратила существование некогда мощная советская производственная геология – не вызывает сомнений актуальность этих материалов для российских геологов Третьего Миллениума.

В отношении опубликованных данных в Части 1 в книге [7] произведено только выборочное реферирование, с цитированием преимущественно графических материалов. Что же касается взятых из производственных отчетов данных по палеозойским толщам (Часть 2), литохимическая обработка которых выполнена нами впервые, то литохимическое описание сделано более подробно, с приведением литохимических таблиц и соответствующих им графиков.

Для иллюстрации содержания книги [7] ниже приведено несколько картинок по районам, где я никогда сам не бывал: по Гряде Чернышева и по о-ву Вайгач.

---

[12] В. В. Терешко был молодым коллегой моего сокурсника по геолфаку МГУ – крупного воркутинского геолога **Бруно Яновича Дембовского**. В 1986 и 1987 гг. по инициативе Бруно мы провели с Терешко два совместных полевых сезона, а после того, как он перебрался в Сыктывкар (вместе с остатками воркутинской геологии) – продолжали тесно сотрудничать.

[13] Масса анализов содержалась в фундаментальном отчете ухтинского геолога **В. А. Лебедева** (2000).

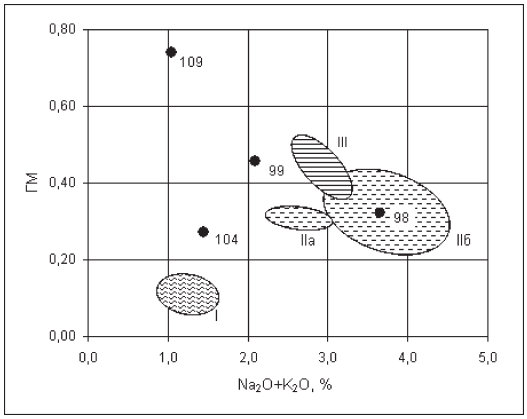


Рис. 38. Модульная диаграмма «Щелочи — ГМ» для пермских отложений Адзьвинской площади на Гряде Чернышева.

Картинка рис. 38 интерпретируется так [7, с. 217—219]:

«Табличные данные о химическом составе преимущественно терригенных толщ перми Адзьвинской площади Гряды Чернышева содержатся в Приложении 26 к отчету о групповой геологической съемке м-ба 1:50 000, выполненной в 1984—1988 гг. В. В. Качмашевым, М. Б. Птицыным, Т. А. Афанасьевой и др. <...>. Отложения перми на Адзьвинской площади представлены 30 анализами, из которых 5 относятся к P_1 (4 — ассельско-сакмарские, 1 — артинские отложения), 1 — переходные отложения P_{1-2} (адзьвинская свита), и 14 — к P_2 (6 — тальбейская свита P_2tb, 5 — сейдинсая свита P_2sd, и 2 — интинская свита P_2in). Обработка этих данных позволяет сформировать четыре средних состава-кластера (N = 26), и четыре состава усреднению не подлежат. Все такие составы — верхнепермские (из них два — интинской свиты, и по одному — сейдинской и тальбейской свит).

Кластер I (N = 5) представлен ***кремнистыми мергелями*** ассельско-сакмарского возраста. В них в среднем содержится не меньше 33—35 % доломитисто-известкового карбонатного вещества. Состав силикатной части аттестуется как нормосилит (ГМ = 0.11), нормальный и по остальным параметрам. Все же некоторый дефицит щелочей по отношению к глинозему (НКМ = 0.28, что ниже мусковитовой нормы 0.31), а также заметный титановый модуль (ТМ = 0.070) создает некоторую неопределенность: не является ли преобладающий в породе кремнезем (SiO_2 = 53 %) не кремнем, а кварцевым песком (алевритом)?

Кластер IIа (N = 2) представлен ***алевролитами*** верхнепермской сейдинской свиты. Породы аттестуются как гипосиаллиты вблизи от границы с силитами (ГМ = 0.31). Обращает на себя внимание значительный избыток

глинозема по отношению к щелочам (НКМ = 0.17), что может указывать на присутствие глиноземных минералов, например, каолинита (?). Возможно, что и аномально низкое значение марганцевого модуля (ММ = 0.007 против кларкового 0.015 для алевроглинистых пород) также указывает на присутствие перемытых продуктов кор выветривания? Впрочем, присутствие среди глинистых минералов хлорита (также содержащего глинозем) может понижать значение НКМ и (вследствие присутствия в нем железа) — понижать значение ММ.

Кластер IIб (N = 6) представлен ***глинистыми алевролитами*** из всех трех верхнепермских свит, которые также аттестуются как гипосиаллиты, с теми же особенностями — с некоторым избытком глинозема (НКМ = 0.27) и пониженным значением марганцевого модуля (ММ = 0.008).

Кластер III (N = 2) представлен аргиллитами тальбейской и сейдинской свит с высоким содержанием железа (Fe_2O_3 = 11 %). Судя по повышенной величине ппп (8 %), можно думать, что породы пиритизированы. Вероятное присутствие пирита резко поднимает значение железного модуля (ЖМ = 1.06), что заставляет аттестовать породы как сиферлиты. Таким образом, железистые породы данного кластера — необычны для нормального осадочного разреза, хотя для точного диагноза у нас недостаточно информации.

Породы вне кластеров представлены карбонатсодержащими породами интинской и тальбейской свит (обр. 98 и 109), углистым аргиллитом интинской свиты (обр. 99) и аргиллитом сейдинской свиты (обр. 104). Среди перечисленных, обр. 98 (= 1019-1)[14] попадает в поле кластера ***IIб***, а остальные три четко выпадают из кластеров. Отметим несколько повышенную фосфатность мергеля обр. 109 (= 1027-Б), с характерным для многих карбонатных и карбонатсодержащих пород высоким значением гидролизатного модуля (ГМ = 0.74), что вынуждает аттестовать породу как гидролизат. Однако высокое содержание закисного железа (FeO = 5.11 %) указывает на возможное присутствие здесь карбонатного железа. Не исключено, что мы имеем дело с породой конкреционного типа.

[14] В целях «дизайна» на рис. 38 первичные авторские номера образцов из отчета [Качмашев и др., 1988] заменены на более простые. Они соответствуют: 98 – 1019-1, 99 – 1030-28, 104 – 1024-7 и 109 – 1027-Б.

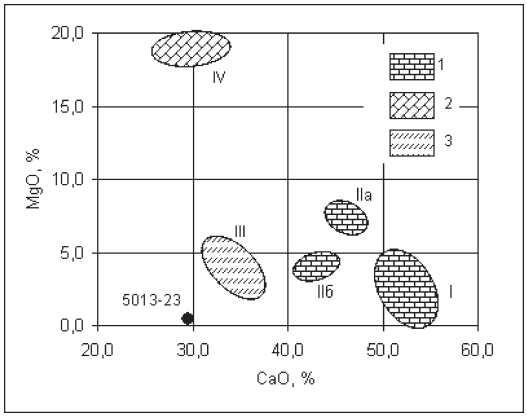


Рис. 39. Диаграмма CaO — MgO для карбонатных пород D_3 о-ва Вайгач.

1 — известняки, 2 — доломиты, 3 — мергели.

Картинка рис. 39 интерпретируется так [7, с. 204—207]:

«**Верхний девон.** В отчете М. Б. Птицына, В. В. Терешко, А. С. Микляева и др. <...> имеется составленный М. Б. Птицыным раздел 3.4. «Девонская система», в котором приведены 24 силикатных анализа (в Приложении 39, с. 15—16). Указано, что франские и фаменские отложения верхнего девона обнажены в береговых обрывах пролива Карские Ворота и прослеживаются к ЮВ до Карского побережья полосой шириной от 1.5 до 2 км. Кроме того, франские слои установлены и на ЮЗ территории — на полуостровах Карпова и Гребень. Имеющиеся данные позволяют выделить пять средних составов-кластеров, и один состав усреднению не подлежит.

Известняки группируются в ***кластерах I, IIа и IIб.*** В кластере ***I*** породы содержат не более 2.5 % некарбонатной примеси, в кластере ***IIб*** — еще более чистые, но заметно магнезиальные, а в кластере ***IIб*** — заметно глинистые; некарбонатной примеси здесь не меньше 11—12 %. Характерны «фиктивные» значения ГМ (как бы гидролизатные) и существенно нижекларковые величины марганцевого модуля. Для всех этих известняков характерны высокие значения титанового модуля, что может указывать на обломочную природу этих карбонатных пород, что, заметим, является нормой для карбонатных пород Печорского Урала <...>.

Мергели (скорее всего — алевромергели) образуют ***кластер III***, а довольно чистые ***доломиты — кластер IV***. Вновь мы отмечаем « фиктивно-высокое» значение ГМ для чистых карбонатных пород (и вполне нормальное — для мергелей, соответственно 0.91 и 0.28) и повышенную титанистость как раз мергелей, а не доломитов (соответственно ТМ = 0.133 против 0.028).

Вне кластеров оказывается состав известкового мергеля (обр. 5013—23), содержащего до 45 % некарбонатной примеси. В отличие от чистых карбонатных пород, здесь низкое значение модуля ГМ (0.13), отвечающее силитам, указывает на кремнистый состав некарбонатного вещества».

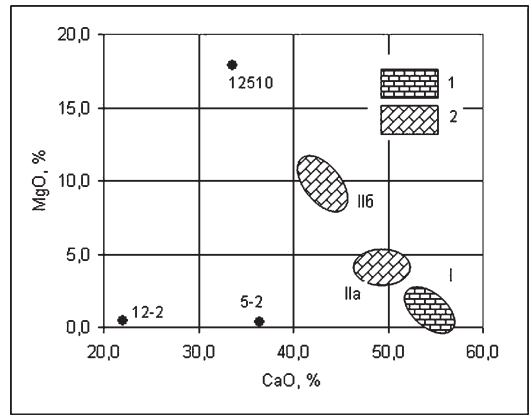


Рис. 40. Диаграмма CaO — MgO для карбонатных пород C_{1-2} о-ва Вайгач.
1 — известняки, 2 — известняки доломитовые глинистые.

Картинка рис. 40 интерпретируется так [7, с. 215]:

«В отчете М. Б. Птицына, В. В. Терешко, А. С. Микляева и др. <...> имеется составленный А. С. Микляевым раздел 3.5. «Каменноугольная система», в котором приведены 17 силикатных анализов (в Приложении 39), отнесенных по возрасту к C_{1-2}. Указано, что карбонатные, ограниченно кремнисто-карбонатные отложения этого возраста на территории о. Вайгач известны в северной части и вдоль юго-западного побережья п-ва Карпова. Имеющиеся данные позволяют выделить три средних состава-кластера (N = 14), и три образца усреднению не подлежат.

Известняки группируются в ***кластере I*** (N = 10). Судя по данным силикатного анализа, породы очень чистые, содержат не более 1.0—1.5 % нерастворимого остатка, в основном кварцевого. Имеют характерное для многих карбонатных пород повышенное значение титанового модуля <...>.

Доломитистые известняки образуют ***кластеры IIа*** (N = 2) и ***IIб*** (N = 2), по остальным признакам почти неотличимые от нормальных известняков, лишь с несколько увеличенной кварцевой примесью, составляющей в среднем около 2 %.

Вне кластеров оказываются образцы известняка с флюоритом (?) обр. 5—2 (подозрительно плохая сумма, но фтор не определялся), известковые мергель (обр. 12—2) и доломит (обр. 12510). Огромное значение ТМ

(2.500) в известняке с флюоритом не подлежит интерпретации, поскольку при столь ничтожных содержаниях алюминия анализ может быть просто недостоверным. Это же замечание верно и в отношении фантастической величины полевошпатового индекса НКМ».

Использование анализов из отчетов неожиданно породило проблему интерпретации и обработки анализов некоторых литотипов, что потребовало некоторых методических новаций, изложенных в Заключении [7, с. 221–222]:

«Проведенная работа позволяет сделать несколько выводов, касающихся как методики литохимии, так и некоторых ее конкретных результатов.

1. О трактовке повышенного значения гидролизатного модуля ГМ в карбонатсодержащих породах. Как известно, один из наших классификационных литохимических параметров — гидролизатный модуль ГМ при значениях, близких или превышающих норму пород-гидролизатов, т. е. ГМ > 0.55, обычно трактуется однозначно: как указание на присутствие материала гумидной коры выветривания (КВ) — либо in situ, либо переотложенной <...>. В таком качестве модуль ГМ приобрел широчайшее применение как в наших работах, так и в работах наших последователей. Однако такая трактовка касалась только пород терригенных, т. е. существенно силикатных. В таких породах возрастание ГМ объясняется присутствием в породах либо каолинита, либо свободных оксидов (или гидроксидов) склонных в гипергенезе к гидролизу элементов: Al, Fe, Ti.

Однако при работе с чистыми карбонатными породами палеозоя Севера Урала, Гряды Чернышева, Пай-Хоя и о-ва Вайгач, очень часто значения ГМ также оказывались повышенными, нередко превосходя «гидролизатную» норму ГМ = 0.55. Традиционная трактовка требует допущения о присутствии в силикатной части карбонатных пород гидролизатного материала, что в большинстве случаев не имеет никаких геологических оснований. Поэтому в таких ситуациях мы называли повышенное значение ГМ «фиктивным» и предполагали присутствие в породах Fe в карбонатной форме. Такое предположение корреспондируется с давно установленным феноменом — повышенным значением титанового модуля (ТМ = TiO_2/Al_2O_3) во многих карбонатных толщах палеозоя Печорского Урала и Пай-Хоя <...>, что также предположительно связывалось с карбонатной формой титана. Как можно судить на примере карбонатного ордовика о-ва Вайгач, предположение о наличии карбонатного Fe выигрывает в достоверности, если повышенное значение ГМ сочетается с нижекларковым (для карбонатных пород) значением марганцевого модуля (ММ = Mn/Fe).

Другой (гораздо более редкий) случай «фиктивно» повышенного значения величины ГМ представляют фосфат-содержащие пермские мергели Гря-

ды Чернышева. Вполне вероятно, что и в этом случае мы имеем дело в карбонатным железом — в породе конкреционного типа.

2. О кластеризации анализов карбонатсодержащих пород. Для литохимического описания карбонатных пород мы отказались от применяемого нами ранее треугольника М. П. Кетрис (с вершинами C = CaO, M = MgO, F = FeO + + MnO <...>, поскольку он отражает только состав карбонатного вещества, не показывая долю в породах силикатной примеси. Вместо него были с успехом применены другие (более простые) — бинарные диаграммы. Так, для описания литохимии чистых карбонатных пород силура Кожимского района Севера Урала, Гряды Чернышева и о-ва Вайгач (а также и для ряда других чистых карбонатов) была применена простая диаграмма «CaO — MgO», поскольку вычисления большинства модулей оказывается малодостоверным. Лишь при наличии в породах заметного количества силикатной примеси, эффективной становится использование обычной модульной диаграммы «Щелочи — ГМ».

Для кластеризации данных ***неполных анализов карбонатных пород*** D_3 Гряды Чернышева была с успехом применена нестандартная диаграмма «Ппп, % — CaO/MgO», на которой можно показать и величину карбонатности пород (абсцисса), и степень их доломитовости (ордината). Ввиду очень сильной дисперсии показателя CaO/MgO, для ординаты был использован логарифмический масштаб.

Наконец, для кластеризации чистых карбоновых карбонатных пород Гряды Чернышева, отсутствие гаммы пород разной магнезиальности не позволили нам использовать ни показатель доломитовости MgO/CaO, ни диаграмму CaO — MgO, а большая чистота пород не дает нужной для кластеризации дисперсии косвенных показателей выхода нерастворимого остатка — ни Ппп, %, ни н. о = (100 % — Ппп %). Поэтому здесь с успехом была применена необычная модульная диаграмма «ГМ — MgO, %».

Есть предположение, что альбитизация известковых песчаников яйюской свиты карбона на Севере Лемвинской зоны (C_1jj) — связана с переходом в состав карбонатного цемента Ca — из анортитового компонента обломочных плагиоклазов.

3. Присутствие гидролизатных продуктов в низах палеозойской толщи — улика былого развития доордовикских кор выветривания. Важнейшей характеристикой отложений O_1, найденной нами еще на своих материалах в 1981 г. <...>, является присутствие в этих отложениях переотложенного материала доордовикских кор выветривания (КВ). Обработанные аналитические данные из производственных отчетов лишь подтверждают эту прочно установленную закономерность. Присутствие материала доордовикских КВ может иногда ощущаться даже в вышележащих, существенно карбонатных отложениях O_{2-3} Севера Урала.

4. Литогенная природа нижнеордовикских кварцевых песчаников Севера Урала. В терригенных меденосных отложениях O_1 на Севере Урала весьма отчетливо проявлен их литогенный характер, самым характерным проявлением которого является так называемая *Закономерность Мигдисова* <...> — повышение титанового модуля (ТМ = TiO_2/Al_2O_3) вследствие вторичного перемыва ранее образовавшихся песчаных пород.

5. Литохимическое описание бокситоносных толщ и глиноземных пород. Здесь заслуживают внимания использованные модульные диаграммы и результаты выполненной литохимической типизации.

5.1. Модульная диаграмма ЖМ — АМ. Ввиду бокситоносности среднего (а отчасти и низов верхнего) девона, эти отложения в производственной геологии изучались особенно детально, в особенности на Среднем Тимане, где были открыты крупные промышленные месторождения бокситов (неопубликованная монография-2000 В. А. Лебедева). Для литохимической типизации разного рода бокситов и близких к ним пород (таких, как «аллитов») была с успехом использована модульная диаграмма «железный модуль [ЖМ = $(Fe_2O_3+FeO+ MnO)/(TiO_2 + Al_2O_3)$] — алюмокремниевый модуль (АМ = Al_2O_3/SiO_2).

Обработка средних цифр В. А. Лебедева позволила литохимически описать многочисленные породные разновидности «латеритно-терригенной» формации девона, представленные как первичными, так и переотложенными образованиями кор выветривания по породам рифейского субстрата. Разновидности различаются по разным долям в гидролизатном субстрате вещества карбонатного, оксидно-железистого, сульфидно-железистого и фосфатного (иногда также и оксидно-марганцовистого).

5.2. Литохимия бокситоносного девона Пай-Хоя. Материалы по девону Пай-Хоя (получившие большую известность ввиду ошибочного приписывания некоторыми геологами гидротермальной природы метаморфизованным диаспоровым бокситам) характеризуют вскрытые горными выработками три или даже четыре уровня бокситоносности. На р. Каре (данные воркутинских геологов) это D_2–D_3^1, на р. Силовой (данные В. С. Цыганко) — D_1^3. На перечисленных уровнях литохимическая обработка данных позволяет охарактеризовать гидролизатные (глиноземистые) породы с переменными содержаниями силикатного или (чаще) сульфидного железа».

8. Преждевременный финиш

После «Записок геохимика»-2007 [1] годы все шли и шли, все мои сверстники (а также многие, гораздо более молодые), помирали один за другим, а я, тем не менее, не только продолжал жить, но и сохранял работоспособность…

Полный неизбывного удивления этим обстоятельством, в 2016 г. вместе со своей неизменной спутницей **Мариной Петровной Кетрис** — я решил все-таки «подбить бабки» и смонтировал книгу [8]:

8. ***Юдович Я. Э. Кетрис М. П.*** Наши полвека в геохимии. — Сыктывкар: Геопринт, 2016. 190 с.

В этой книге в краткой реферативной форме рассмотрены основные результаты, полученные авторами за более чем полувековой период геохимической работы (1960—2015), в которой последние 48 лет проходили в Институте геологии Коми научного центра РАН (ранее — Коми филиала АН СССР), на территории Тимано-Уральского региона, включая Север Урала и Пай-Хой.

Полученные результаты условно разделены на две крупные тематические части и разнесены по 12 направлениям, из которых первые шесть — региональные и другие шесть — общие:

(1) геохимия палеозойских толщ;
(2) геохимия карбонатных пород;
(3) литология и геохимия конкреций;
(4) геохимия нефтематеринского органического вещества;
(5) геохимия древних метаморфических толщ Севера Урала;
(6) обнаружение новых проявлений руд железа, бария, фосфора, марганца (и некоторых других) на Севере Урала и Пай-Хое;

(7) геохимия неорганических компонентов ископаемых углей;
(8) геохимия металлоносных черных сланцев;
(9) геохимия отдельных элементов: стронция, хрома и марганца;
(10) геохимические горизонты;
(11) разработка концепции литохимии;
(12) геохимическая (и минералогическая) индикация литогенеза.

Затем приведена полная библиография работ авторов, в которой выделены разделы:

(1) монографии,
(2) брошюры, препринты и «микромонографии»,
(3) научные статьи,
(4) избыточные публикации,
(5) другие публикации.

Несмотря на очевидную «преждевременность» этого финиша (например, в изложении результатов направления №9 еще нет ни титана, ни фосфора…), полезность и содержательность этой книги не вызывает сомнений.

В интересах молодого читателя стоит указать здесь на второстепенную (но очень характерную) деталь моей научной работы: выявление *именных* «эмпирических закономерностей» [15]

Они описаны, в частности, следующим образом [8, с. 5—6]:

«В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман, Н. Б. Вассоевич и другие замечательные ученые любили увековечивать память своих предшественников путем введения в научный обиход «именных» эмпирических закономерностей. Например, каждому советскому геохимику был хорошо знаком термин *«кларк»,* введенный А. Е. Ферсманом в 1923 г. в честь американского химика Ф. У. Кларка, а геологам-нефтяникам столь же хорошо известна введенная Н. Б. Вассоевичем *«Закономерность Успенского»*. Следуя этим достойным примерам, мы тоже присваивали личные имена эмпирическим закономерностям в геохимии осадочных пород. Среди них можно назвать следующие.

(а) Накопление марганца в карбонатных конкрециях — ***Закономерность Страхова*** <…>.

(д) Негативная корреляция между скоростью седиментации и содержанием в осадке $C_{орг}$ — ***Закономерность Страхова для черных сланцев-доманикоидов*** (надо было уже нумеровать Страховых, но тогда это не пришло нам в голову) <…>.

(б) Накопление марганца в гумидных карбонатах относительно карбонатов аридных — ***Закономерность Ронова*** <…>.

(в) Позитивная корреляция между массами карбонатного и органического углерода в стратисфере (что обусловлено общим фактором — вулканизмом) — ***Закономерность Ронова*** (допущена такая же промашка, что и для двух закономерностей Страхова) <…>.

(г) Позитивная корреляция между скоростью седиментации и содержанием в осадке $C_{орг}$ — ***Закономерность Назаркина*** <…>.

[15] Это любимый термин Вернадского. Так он называл частные причинно-следственные «законности», отличные от самых общих «законов природы».

(д) Геохимические аномалии стронция реликтового типа в терригенно-карбонатных разрезах — ***Закономерность Ведеполя*** <...>.

(е) Зависимость ванадиеносности нефтей, порожденных доманикоидами, от литологического состава доманикоидов — ***Закономерность Лебедевых*** <...>.

(ж) Зависимость величины титанового модуля в терригенных отложениях от динамики среды седиментации — ***Закономерность Мигдисова*** <...>.

(з) Накопление германия в витренах — ***Закономерность Ратынского*** <...>.

(и) Зависимость содержания и морфотипов пирита в углях от петрографического состава углей — ***Закономерность Кизильштейна*** <...>.

(к) Зависимость вида графика «Содержание химического элемента в угле (и в золе угля) — зольность угля» от петрографического состава данного угля — ***Закономерность Китаева*** <...>.

Из других интересных результатов этой книги заслуживает внимания молодого читателя подробный рассказ о методике *Региональной геохимии*[16], послужившей темой наших многолетних исследований [8, с. 7–8]:

«Наша «региональная геохимия» в регионе Севера Урала и Пай-Хоя <...> была вызвана к жизни потребностями геологической практики и развивалась на стыке мелкомасштабной (кларковой) и прикладной геохимии. От первой она заимствовала методы получения достоверных данных, характеризующих средний химический состав осадочных толщ, от второй — метод массового опробования, понятия геохимического фона и геохимической аномалии. Для предварительной характеристики геохимического фона использовался основной экспрессный метод советской производственной геологии — массовый эмиссионный спектральный анализ, выполняемый либо путем испарения пробы из кратера угольного электрода, либо методом просыпки <...>. Этот метод позволяет выделить нормальную и аномальную составляющую геохимического поля. Лишь после выполнения массовых анализов (в каждый полевой сезон 1967—1992 гг. отбиралось до 1500 геохимических проб) решались вопросы составления сборных (т. е. средних) проб, при котором принимались во внимание литологический, стратиграфический, региональный, формационный и фациальный признаки отложений. В конкретную сборную пробу включались частные пробы геохимического фона, имеющие близкие или идентичные характеристики (например: Песчаники нижнего карбона, район Илыча, Елец-

[16] Региональная геохимия составила предмет моей докторской диссертации, завершенной в 1979 г., но защищенной только в конце 1984 г. Обо всей эпопее с докторской защитой подробно рассказано в «*Записках геохимика*» [1, с. 35–49].

кая зона). Полученные таким путем сборные пробы, число которых уже на 1—2 порядка меньше первоначального числа проб, изучались с применением всех доступных нам количественных методов анализа. К сожалению, сборные пробы (методика А. Б. Ронова), дающие надежную оценку среднего состава отложений (субкларков), не дают информации о дисперсии содержаний элементов геохимического поля. Поэтому, примерно с 1990-х гг., когда силикатные анализы стали более дешевыми, мы уже сборных проб не составляли, так как имели возможность количественно анализировать обширные коллекции.

Аномальные пробы изучались отдельно; они тщательно учитывались с помощью специальных картотек и обязательно анализировались количественными методами с особым упором на выявление минеральных форм нахождения элементов. Конечной целью изучения геохимических аномалий являлась их генетическая интерпретация. Сочетая, таким образом, характеристику нормального (сборные пробы или средние значения по частным пробам) и аномального геохимических полей, нам удалось дать геохимическое описание изученных осадочных толщ. Основной его единицей была литостратиграфическая — объемом от горизонта до целого яруса, в зависимости от детальности имевшейся стратиграфии. Геохимическое описание (само это понятие было введено нами) после наших работ, как мы надеялись, должно было стать столь же необходимым инструментом геологии, как и традиционное стратиграфическое, палеонтологическое и литологическое описания.

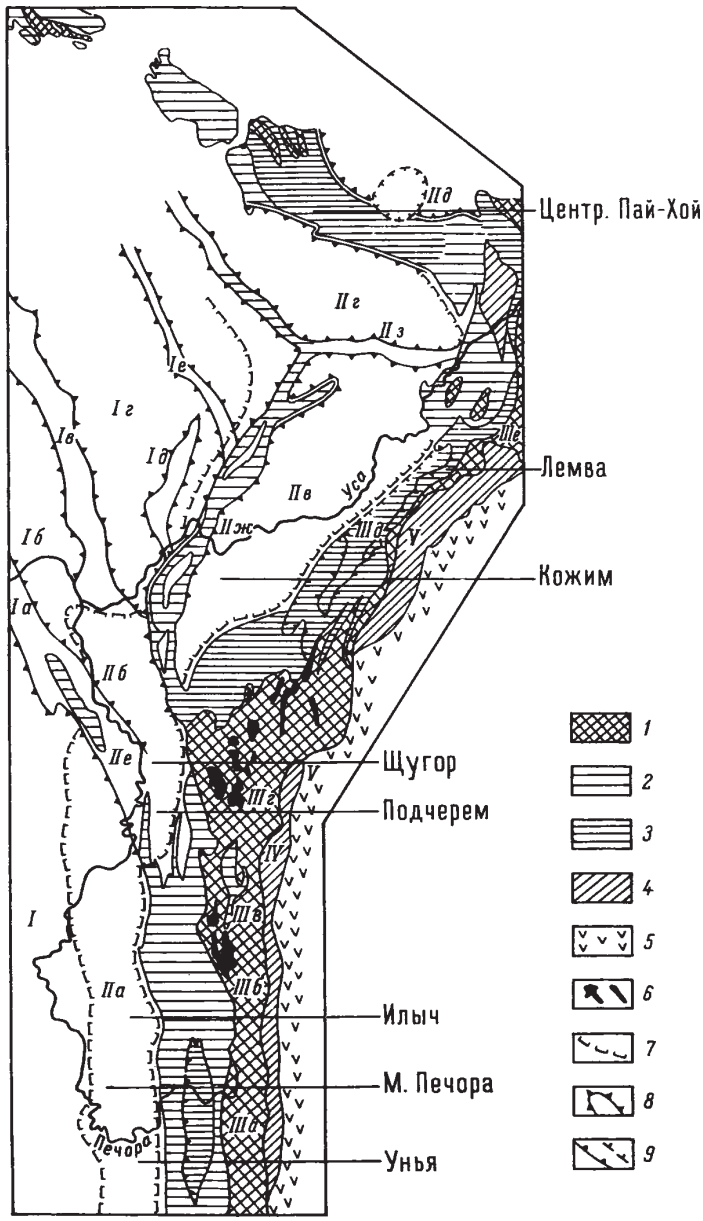
Опыт наших работ Печорском Урале (1967—1976, 1981—2008 гг.), а также на Пай-Хое (1977—1979 гг.), на палеозойских (1967—1984 гг.), а затем и на древних толщах (1986—2008 гг.) — в регионе, который давал возможность сравнительного изучения разновозрастных, разнофациальных и разноформационных отложений, показал высокую эффективность регионально-геохимических исследований».

Геологическая карта нашего региона, где в 1967—2008 гг. разрабатывалась *Региональная геохимия*, показана на рис. 41 [8, с. 9]:

Рис. 41. Субширотные пересечения Печорского Урала, показанные на упрощенной тектонической схеме, составленной В. Н. Пучковым и Н. И. Тимониным в 1975 г. <...>.

Области распространения современных: 1 — доуралид, 2 — платформенных формаций $O—D_1$ в пределах Западноуральской структурной зоны, 3 — сланцевых формаций в пределах Малопечорской, Лемвинской и Пай-Хойских зон; 4 — интрузивные формации зоны Главного уральского глубинного разлома; 5 — вулканогенно-осадочные формации Восточно-Уральской структурно-формационной зоны; 6 — граниты; 7 — границы Предуральского краевого прогиба; 8 — контуры структур первого порядка; 9 — региональные надвиги и шарьяжи.

I — Тимано-Печорская эпибайкальская плита: Ia — Печоро-Колвинский вал, Iб — Денисовский прогиб, Iв — Колвинский вал, Iг — Хайпудырский прогиб, Iд — Макарихино-Салю-



кинское поднятие, Ie — гряда Сорокина; II — Предуральский краевой прогиб: IIа — Вернепечорская, IIб — Большесынинская, IIв — Косью-Роговская, IIг– Коротаихинская, IIд — Карская впадина, IIe — Среднепечорское поперечное поднятие, IIж — гряда Чернышева, IIз — поднятие Чернова; III — Уральская складчатая область (Западноуральская и Центральноуральская структурные зоны): IIIа — Верхнепечорское поперечное опускание, IIIб — Тимаизское поперечное поднятие, IIIв — Щугорское поперечное опускание, IIIг– Кожимское поперечное поднятие, IIIд — Лемвинское поперечное опускание, IIIe — Собское поперечное поднятие; IV — зона Главного уральского глубинного разлома; V — Восточноуральская структурная зона.

В этой итоговой книге постоянно подчеркивается *сложность геохимических систем*. На примере Печорского Урала и Пай-Хоя (рис. 41) впервые удалось выявить все ***пять основных факторов, ответственных за геохимическую специфику осадочных толщ*** [8, с. 10–12]:

«На большом материале был оценен вклад в региональную геохимию пяти главных факторов: стратиграфического (фактор геологического возраста), климатического, формационного, фациального и регионального. Этот вклад оказался совершенно различным для разных химических элементов.

Стратиграфический фактор проявляется в том, что аномальные геохимические поля прослеживаются на определенном стратиграфическом уровне и, в общем, меньше зависят от любых других признаков отложений, чем от их возраста. Хорошим примером является распределение фтора: это «сквозное» обогащение, прослеживаемое в пределах как Елецкой, так и Лембинской зон в отложениях карбона. Аналогично, обогащения марганцем отложений D_3–C_1 в Лембинской зоне следится и в Елецкую, где они, правда, выявляются только в карбонатах депрессионных фаций. Тем не менее, депрессионные фации этого возраста заметно богаче Mn, чем, например, в D_1 или C_2. Стратиграфическому фактору подчинены и накопления Ba и Sr в серпуховских слоях. В Лембинской зоне это целый горизонт («пай-хойский геохимический феномен» <...>, на порядок обогащенный Ba и Sr против кларкового уровня; хотя в Елецкой зоне выдержанного горизонта нет, но на том же стратиграфическом уровне постоянно отмечались аномалии Ba и Sr в отложениях C_1s–C_2b. Бердышские железные руды приурочены к сидеритоносной терригенной толще нижнего карбона; известен и ряд других, аналогичных эмпирических закономерностей. В дальнейшем представления о стратиграфическом факторе, развитое на региональном материале в монографии-1981 <...> было значительно углублено и в конечном счете трансформировалось в концепцию *геохимических горизонтов стратисферы* <...>.

Климатический фактор выразился в накоплении элементов-гидролизатов в терригенных и отчасти в карбонатных толщах — в таких, которые формировались в условиях гумидного или семигумидного климата: O_2, $D_{1–2}$, C_1h. Этим же фактором контролировалось и фоновое распределение Mn в карбонатных породах («Закономерность Ронова» — <...>): при прочих равных условиях гумидные толщи богаче марганцем, чем аридные. При этом существенно различаются и формы нахождения Mn: в первых доминирует карбонатный Mn2+, а во вторых — оксидный марганец в составе терригенной примеси.

Формационный фактор выразился в том, что глубоководные лемвинские формации в целом отличаются от шельфовых елецких, несмотря на осложняющее влияние других факторов. Это различие сильнее всего проявлено в распределении двух элементов-индикаторов: марганца и бария <...>. Как известно, накопления Ba и Mn характеризуют и современные океанские осадки. Кроме того, для Лемвинских фаций, в отличие от Елецких, характерно обилие ярких геохимических аномалий[17].

Фациальный фактор проявился в существенной разнице концентраций элементов-примесей в зависимости от обстановки седиментации — фаций <...>. Так, *динамическими фациями* контролировалось распределение в карбонатных породах хрома <...> и Ti <...> — тяготение их к наиболее мелководным детритовым и обломочным известнякам, материал которых накапливался при энергичных движениях воды. В таких фациях происходило естественное шлихование карбонатных осадков с накоплением в них акцессорных хромшпинелидов или лейкоксена. Сильную зависимость от *динамических и топографических фаций* обнаружило распределение Mn; элемент концентрировался в депрессионных фациях, где накапливались терригенно-кремнисто-карбонатные осадки[18]. Тиховодные депрессии служили ловушками для взвеси, несущей Mn. Эта взвесь могла быть и терригенной (поступавшей со стороны платформенного континента), и талассогенной (поступавшей со стороны «геосинклинального»[19] моря). В депрессиях могла периодически возникать стагнация вод с накоплением в них (а затем и в осадках) марганца — как это наблюдается ныне в депрессиях Балтики <...>.

---

[17] На одном из заседаний Ученого совета Ин-та геологии Коми филиала АН СССР (впоследствии — Коми НЦ УрО РАН) автор сравнил геохимический облик Елецких и Лемвинских отложений с пейзажами — соответственно, Левитана и Сарьяна. Помнится, это сравнение привело в восторг тектониста В. А. Дедеева.

[18] Заметим, что именно с этого открытия и началась вся наша *Региональная геохимия*. В дождливое лето 1968 г. мы опробовали турнейские депрессионные кремнисто-карбонатные отложения разреза «Кузь-яма» на р. Подчерем, ранее изучавшиеся геологами Сыктывкарского института геологии: палеонтологом **Н. В. Калашниковым** и литологом **А. И. Елисеевым**. Неожиданно оказалось, что на фоне скучно-однообразных, убогих содержаний Mn в прочих разрезах в диапазоне 1—100 г/т, здесь содержания Mn доходили до 1000 г/т при средних около 600 г/т. Поэтому картинка рис. 42 была вынесена на обложку нашей книги «*Региональная геохимия осадочных толщ*» (1981, с. 250) и через 43 года повторена на обложке данной книги...

[19] С появлением тектоники плит «старый, добрый» термин *геосинклиналь* оказался как бы скомпрометированным, поэтому мы его употребляем в кавычках — однако в прежнем значении, поскольку хорошей замены ему нет.

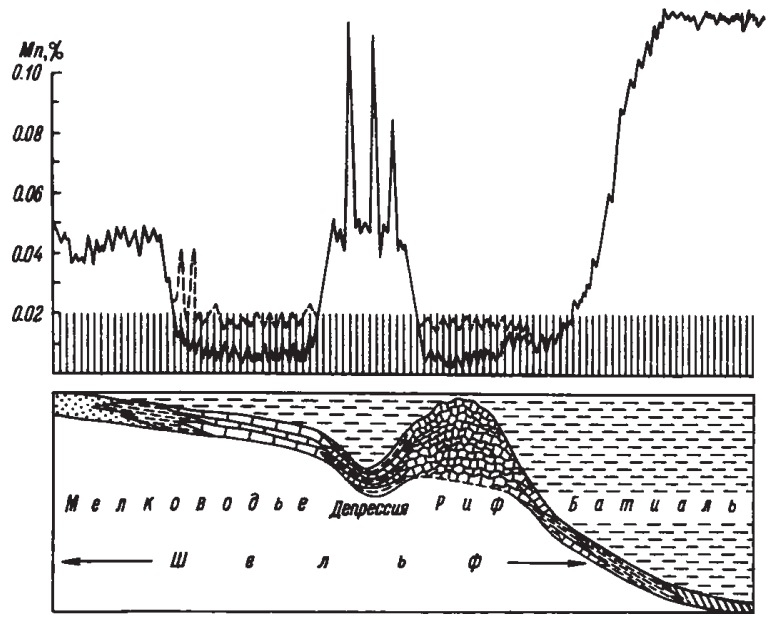


Рис. 42. Распределение Mn на фациальном профиле уральского ограничения Русской платформы в D1–C2 <...>.

Заштрихован интервал околокларковых содержаний в карбонатных породах. Две кривые в мелководных фациях соответствуют осадкам гумидным (прерывистая) и аридным (сплошная).

Сильную зависимость от *топо- и биофаций* имеет распределение Sr: его пониженные содержания в карбонатных породах приурочены, как правило, к рифовым фациям <...>. Это можно использовать в нефтяной геологии для диагностики таких фаций, которые, как известно, являются прекрасными коллекторами.

Региональный фактор. Чаще всего он является просто функцией уже указанных факторов (например, климатической зональности), но иногда выглядит и как самостоятельный. Так, породы южной части Печорского Урала на многих стратиграфических уровнях обогащены хромом по сравнению с северными; это можно связывать с палеогеографией — с большей близостью края платформенного континента с массивами гипербазитов.

Перечисленные факторы существовали на стадии седиментогенеза — при накоплении осадков. Однако на итоговую геохимию могли оказывать влияние еще два фактора — экзогенный диагенетический и эндогенный эпигенетический. С первым связано возникновение аномалий Sr в толщах переслаивания карбонатных и терригенных осадков <...>, а со вторым — накопление того же Sr в серпуховских карбонатах Пай-Хоя, имеющее, вероятно, глубинно-флюидную (мантийную?) природу <...>».

Поскольку книга сопровождается тщательно составленной (и частично аннотированной) библиографией, заслуживают внимания соображения автора о научных публикациях [8, с. 83]:

«Если крестьянин производит продукты питания, рабочий — другие (несъедобные) «предметы потребления», инженер, архитектор, строитель — дома, мосты, дороги, оружие и проч., то научный работник «производит» публикации. Много или мало ему удается сделать, хороша или плоха его продукция, находят ли отклик его сочинения в научном сообществе — обо всём этом можно судить только по публикациям; никакого иного критерия, увы, так и не придумано. С этим связано множество коллизий. Например, Альберт Эйнштейн имеет совсем немного публикаций; поэтому в наши дни, по критерию чиновников от науки (от которых, увы, зависит финансирование академической науки), Эйнштейн считался бы ученым совершенно второразрядным. С другой стороны, в России имеются академики, которые при жизни произвели столько бумажной макулатуры, которой им хватило на издание нескольких роскошно изданных томов «Избранных сочинений». Однако научный рейтинг («импакт-фактор») сочинений таких академиков, как говорят в математике, *«незначимо отличается от нуля»* — то есть на них никто (или почти никто) не ссылается.

Поэтому к библиографиям ученых (тем более — составленным ими самими) надлежит относиться со здоровым скептицизмом, ибо сам автор не может судить о значимости сделанного им в науке. Об этом лучше всего сказал Поэт: *«Но пораженье от победы ты сам не должен отличать»*.

Тем не менее, ничего иного, кроме несколько упорядоченной библиографии, нам придумать не удалось».

В этой связи необходимо упомянуть об «*избыточных публикациях*» в нашей библиографии – хотя бы потому, что это понятие было придумано мною и, насколько мне известно, в нашей Академии наук никогда не использовалось. В [8, с. 147–148] об избыточных публикациях сказано так:

«К числу избыточных публикаций относится огромное большинство так называемых «тезисов» докладов на научных конференциях или совещаниях (а на самом деле — авторефератов, иногда до 3—4 страниц объемом). Как правило, они имеют сугубо конъюнктурное, преходящее значение — лишь как способ оперативной информации научной общественности о результатах текущих исследований. После публикации более солидной статьи или монографии такие «тезисы» полностью утрачивают свое значение и по существу лишь засоряют научную литературу.

Более того, многие доклады имеют исключительно «пропагандистский» характер, поскольку представленный в них материал уже был ранее опубликован в статье или в монографии. Далеко не всегда это делается добровольно: часто научные работники вынуждены заниматься такой мультипликацией под давлением начальства, которое требует от них активного «военного присутствия» на всевозможных научных сборищах. Кстати, хорошо известно, что Альберт Эйнштейн (публиковавшийся весьма скупо) очень тяготился такими нравами академического сообщества...

Что касается полномерных текстов докладов, опубликованных в сборниках Трудов совещаний, то в советские времена случалось, что такие Труды издавались так долго, что за это время автор успевал поместить аналогичную статью в другом издании — и в итоге опубликованный доклад оказывался просто лишним. Например, Труды некоторых наших геологических конференций в 1970-е гг. иногда выходили через 3—4 года — когда их актуальность была уже близка к нулевой.

Наконец, с появлением в Сыктывкарском Институте геологии своего ежемесячника «Вестник», рассчитанного на широкую читательскую аудиторию, возникла возможность публиковать научные результаты в «облегченном» виде — среднем между строго-научным и научно-популярным. Таким образом, можно быстро поместить в «Вестнике» не очень серьезную работу, а потом подготовить более солидный вариант для нормального научного издания. Увы! В этом случае статья в «Вестнике» оказывается в конечном счете лишней... Вообще, более чем за 50 лет научной работы мы заметили совершенно отчетливую тенденцию: с каждым годом опубликовать научное (или не очень научное!) сочинение становится в нашей стране всё проще; как следствие этого, литература переполняется информационным «шумом», т. е. всяческим мусором и хламом. В итоге проведенной селекции, мы оставили в вышеприведенном основном списке лишь некоторые доклады, имевшие приоритетное значение (см. <...>).

Наконец (и с этим, по-видимому, согласятся не многие из наших коллег), к числу избыточных мы относим и несколько вполне солидных статей по геохимии углей, напечатанных в 2001—2006 гг. Дело в том, что в них излагались материалы, которые позднее вошли в монографии 2002, 2005 и 2006 г. <...>, где были изложены и полнее, и лучше. Хотя такое дублирование (публикация с целью оперативной информации научного сообщества) в академической науке совершенно неизбежно, справедливости ради надо признать, что сегодня уже незачем читать статьи, если имеются поглотившие их монографии».

9. Неожиданный *Титан*

Титан — один из трех «малых» элементов (Ti, Mn, P), которые входят в стандартный список полного химического анализа горной породы — так называемого *силикатного анализа*. Поэтому наше обобщение данных по геохимии титана во многом было структурно аналогичным тому, как это делалось для марганца.

Полной аналогии структур, конечно, быть не может, потому что в геохимии этих металлов имеются существенные различия. Для марганца специфичным является его участие в окислительно-восстановительных процессах с переменой валентности Mn (II, III) ⇆ Mn (IV) и очень большая роль биосферных процессов в его геохимии. У титана же резко преобладает основная валентность 4, биосферные влияния на его геохимию очень малы, зато определяющим в его гипергенной геохимии является свойство титана как элемента-гидролизата.

Следствием этих различий явилось и различие использованных нами массивов силикатных анализов. С одной стороны, это те же самые 1400 выборок (около 93 тыс. анализов), которые были обработаны в «Геохимии марганца». Но с другой — были добавлены еще более 200 выборок, которые в «Геохимии марганца» не рассматривались. Поэтому в целом данная книга основана на гораздо более обширном статистическом материале по сравнению с монографией [6].

Книга создавалась в 2016—2018 гг. в несколько этапов, путем последовательной работы соавторов.

На первом этапе наша лаборантка **Наталья Валериевна Рыбина** занималась самой тягостной и нудной работой: вводила в компьютерные таблицы программы *Excel* цифровые данные, взятые из многочисленных таблиц силикатных анализов в опубликованных статьях или монографиях. Таким образом, ею были подготовлены многие сотни первичных эксельных таблиц.

На втором этапе **Марина Петровна Кетрис** занималась специальной обработкой этих таблиц. Эта обработка заключалась в следующем.

(а) Первичные эксельные таблицы трансформировались в форму наших стандартных эксельных таблиц. Это значит, что цифровые данные силикатного анализа автоматически дополнялись расчетом петрохимических модулей, описанных в «Основах литохимии» <...>.

Специально для целей данной книги, набор модулей был дополнен фосфор-титановым модулем ФТМ = P_2O_5/TiO_2, ранее нами не применявшимся.

(б) Анализы, введенные в стандартные эксельные формы, при необходимости разбивались на однородные выборки (кластеры). Эта процедура была в свое время описана как в «*Основах литохимии*» <…>, так и позднее более подробно в Интернете, на литологическом сайте Lithology.ru в документе «*Стандарт-ЮК*», дополненном полезными утилитами, созданными **Т. А. Ситниковым** <…>. Как подчеркивалось в указанных источниках — кластеризация аналитических данных является творческой, а отнюдь не формальной процедурой; всякие попытки «автоматизировать» этот процесс[20], как показывает наш опыт, ничего хорошего дать не могут.

(в) В сформированных выборкак-кластерах вычислялись средние значения (арифметическое и геометрическое) всех компонентов и модулей, равно как и дисперсии.

(г) В выборках-кластерах производилось вычисление парных коэффициентов корреляции содержаний TiO_2 со всеми компонентами и модулями. Были вычислены также коэффициенты корреляции для ТМ и ФТМ, однако в дальнейшем они нам почти не понадобились.

Заметим, что все описанное (стандартные эксельные таблицы, кластеризация и процедура корреляционного анализа) вполне аналогичны тем, которые использовались нами в «*Геохимии марганца*» [6]. В частности, как и там, мы считали геохимически значимыми только значения коэффициентов корреляции не хуже чем с 5%-ным уровнем значимости: $r \geqslant r_{0.05}$. Все значения $r < r_{0.05}$ во внимание не принимались.

(д) Для некоторых выявленных таким образом значимых связей титана строились графики, где по абсциссе наносились значения компонентов или модулей, а по ординате — содержания TiO_2, %.

(е) Выборочные средние по типам пород магматических, метаморфических и осадочных (например, базиты, метабазиты, песчаные, глинистые, кремнистые и т. д.) использовались для построения частотных гистограмм, необходимых для расчета кларков — аналогично тому, как это делалось нами ранее <…>.

---

[20] Например, выделять кластеры в 10-мерном пространстве окислов — компонентов силикатного анализа, по методике многомерной статистики.

Обработанные таким образом стандартные эксельные таблицы и соответствующие графики поступали ко мне — для составления текста. Эта работа производилась в два этапа.

(а) Выбор «наиболее представительных» средних данных в массивах эксельных таблиц и компиляция из них обобщающих таблиц по каждому намеченному разделу текста, чтобы затем дать им интерпретацию.

(б) Интерпретация этих таблиц — то есть составление финального текста книги.

Поначалу этот завершающий этап казался мне не только приятным, но и достаточно простым… Казалось бы: что сложного для геохимика с полувековым опытом [8] — в описании скомпилированных им таблиц и готовых графиков?

Неожиданно, однако, возникла очень серьезная трудность. Причина этой трудности заключалась в колоссальном количестве первичных материалов, заготовленных моими соавторами! Необходимо было из тысяч средних цифр и сотен графиков выбрать лишь очень немногое, «жестоко» отбросив описание остального, добытого тяжелым трудом моих дорогих соавторов[21]. Выбрать таким образом, чтобы не «похоронить» будущего читателя в обилии фактуры и составить для него более-менее содержательный, «читабельный» текст. Однако о том, насколько мне удалось решить эту задачу, я сам судить не могу. Об этом в свое время прекрасно сказал Поэт: *«Но пораженья от победы ты сам не должен отличать»*[22].

В итоге работы в 2018 г. была напечатана книга [9]:

9. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Рыбина Н. В.*** Геохимия титана. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. 436 с.

На основании статистической обработки около 3470 выборочных средних, отвечающих около 200.000 единичных анализов, оценены кларки титана, титанового модуля (ТМ = TiO_2/Al_2O_3) и нового фосфор-титанового модуля (ФТМ = P_2O_5/TiO_2) для основных групп горных пород, причем для ряда из них — впервые.

Выполненная работа позволила сделать ряд выводов, в том числе и таких, которые требуют определенной ревизии прежних оценок. Из таких выводов стоит назвать два поистине «неожиданных» (что и объясняет название этого раздела).

[21] Однако все без исключения выборочные средние были учтены при построении частотных графиков, необходимых для оценки кларков.

[22] Б. Пастернак: «Быть знаменитым некрасиво».

Первый вывод можно назвать «Феноменом месторождения «Желанное».

Это накопление Ti в прослоях гидротермальных серицитолитов, залегающих в монокварцевых, практически «стерильных» по титану ордовикских кварцитах Приполярного Урала. Выяснилось, что содержание Ti в решающей степени зависело от режима кислотности–щелочности гидротермальных флюидов. Как было установлено **Светланой Репиной** на крупнейшем в Европе месторождении кварца и горного хрусталя *Желанное* (Приполярный Урал, примерно в 120 км восточнее Инты в Коми Республике), Ti мощно концентрируется в серицитолитах, подстилающих кварцевые жилы или хрусталеносные «погреба». Здесь скопления рутила ассоциируют с концентрациями монацита и циркона. Это значит, что в щелочных калиевых гидротермах все эти элементы (Ti, P, Zr и REE) переносились совместно. При этом в совокупности составов титанистых серицитолитов (n = 32) средние содержания TiO_2 составили 7.06 % (!), а значения титанового модуля ТМ (TiO_2/Al_2O_3) = 0.247.

Второй феномен — титановый геохимический барьер для фосфора: обнаружение линейной корреляции между содержаниями P_2O_5 и TiO_2 в большинстве горных пород**.**

Напомним читателю, что понятие о геохимических барьерах предложено в 1961 г. А. И. Перельманом. Так им названы такие участки зоны гипергенеза, в которых на коротком расстоянии происходит резкая смена условий миграции химических элементов, что приводит к их концентрации <…>. Двумя известными геохимическими барьерами для фосфора являются кальциевый и окисно-железный [10].

Однако в громадной литературе по фосфоритам нет упоминаний еще об одном геохимическом барьере для фосфора — о барьере титановом. Нами корреляция TiO_2 (или ТМ) с P_2O_5 была обнаружена на значительном аналитическом материале (около 190 тыс. полных силикатных анализов); было получено несколько десятков уравнений регрессии фосфата на титан, с коэффициентами линейной корреляции не хуже чем с 0.01 % уровнем значимости.

На рис. 43—45 приведены типовые примеры таких уравнений для пород магматических, метаморфических и осадочных. Возле линий регрессии пунктиром очерчена зона квадратичной ошибки уравнения. Поскольку большинство обработанных нами аналитических совокупностей не соответствуют нормальному (Гауссовскому) распределению, для

определения примерно «двухсигмового» интервала вокруг медианы нами использована формула Дж. Чамберса и сотр. <...>: Me ± 1.57(Q_3 – Q_1)/√ N, где Me — медиана, Q_3 и Q_1 _ третий и первый квартили, N — численность выборки (в нашем случае — число выборочных средних).

В приведенных примерах можно видеть корреляцию P_2O_5 с TiO_2 в самых разнообразных геологических объектах: в различных базитах по всему миру <...>, в плиоцен-четвертичных кислых вулканитах Кавказа <...>; в архейских биотитовых гнейсах олекминской серии на Алданском щите <...>; в верхнеюрско–нижнемеловых алевролитах Предверхоянского прогиба <...>. Иногда (рис. 45а) корреляция лучше проявлена не для TiO_2, а для титанового модуля (ТМ = TiO_2/Al_2O_3).

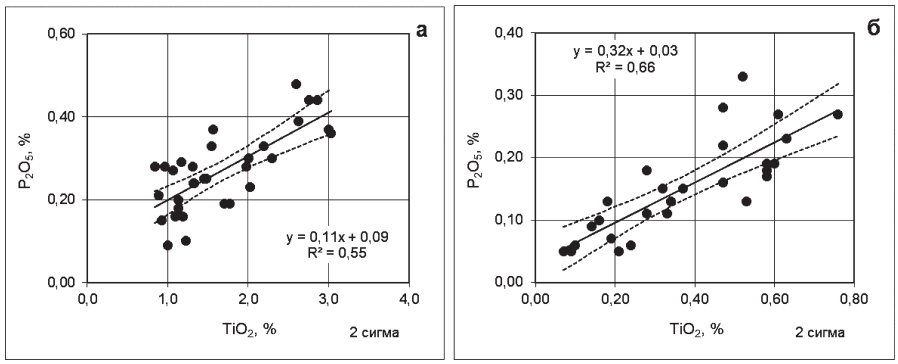


Рис. 43. Примеры корреляции фосфора с титаном в магматических горных породах.

а — различные базиты мира. *Построено по данным Б. П. Кудинова, 1971 г.* <...>; б — плиоцен-четвертичные кислые вулканиты Кавказа. Средние составы.

Построено по данным В. С. Попова и др., 1987 г. <...>.

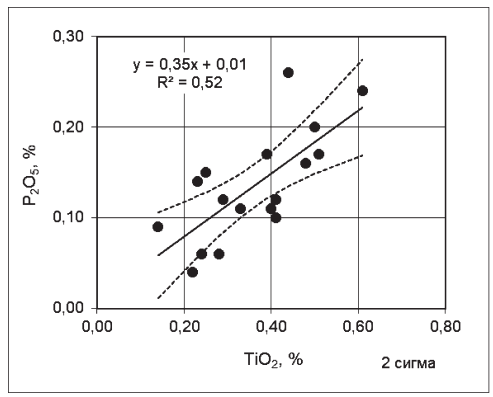


Рис. 44. Пример корреляции фосфора с титаном в метаморфических горных породах: архейские биотитовые гнейсы олекминской серии на Алданском щите.

Построено по данным А. Ф. Петрова, 1976 г. <...>

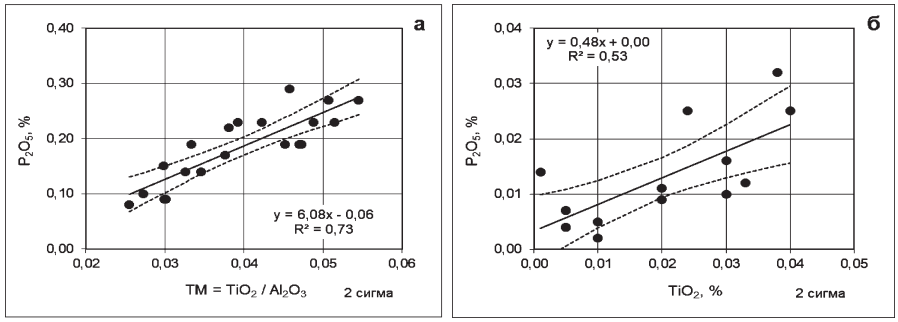


Рис. 45. Примеры корреляции фосфора с титаном в осадочных горных породах.

а — верхнеюрско–нижнемеловые алевролиты Предверхоянского прогиба;

Построено по данным Г. В. Ивенсен, 1991 г. <...>;

б — нижнесилурийские карбонаты о-ва Вайгач.

Построено по данным М. Б. Птицына и др., 1983 г. <...>.

Очевидно, что сопряженность концентраций Ti и P создается за счет образования каких-то устойчивых соединений. Из химии титана известно, что одним из таких соединений может быть монофосфид титана TiP, который формируется двумя способами: действием паров фосфора на элементарный титан при 450 °C или длительным действием фосфина PH_3 на порошкообразный титан при 850 °C. В природе более вероятно не прямое взаимодействие элементарных титана и фосфора, а реакция хлорида титана с фосфином PH_3 с образованием комплекса. Как отмечено в английской монографии по химии, биохимии и технологии фосфора <...>, впервые фосфиновый комплекс H_3P $TiCl_4$ был получен Розе еще в 1832 г.! Приведя 16 типичных примеров немногочисленных соединений титана с фосфином PH_3, Д. Корбридж среди них указывает и два титансодержащих: $TiCl_4$ H_3P и $TiCl_4$ $2H_3P$.

Известно также, что в кислой (в частности, солянокислой) среде при повышенной температуре можно синтезировать водный гидрофосфат титана вида $Ti[HPO_4]$ $2H_2O$, который применяется в качестве пигмента, адсорбента, наполнителя пластмасс и катализатора. Кроме того, в химии известны безводная соль пирофосфорной кислоты TiP_2O_7 и метафосфат трехвалентного титана $Ti[PO_3]_3$, образующийся, как очевидно, в сильно восстановительной среде. Образование подобных высокотемпературных соединений вероятно, могло бы объяснить корреляции фосфора с титаном, фиксируемые в эндогенных горных породах (магматических и метаморфических).

Однако такое объяснение не годится для истолкования наблюдаемой корреляции P_2O_5 с TiO_2 при низких температурах в условиях гипергенеза — в осадочных породах, почвах или осадках. Такая корреляция может быть результатом поглощения фосфат-ионов на минералах титана, таких как ильменит или полиморфы диоксида титана — рутил, брукит, анатаз. Действительно, брянские химики <...> экспериментально доказали сорбцию фосфата на кристаллическом диоксиде титана — анатазе. Они установили, что в реакции

$$3TiO_2 + 2H_2O + HPO_4^{2-} + 3e \rightarrow (TiO)_3PO_4 + 5\ OH^-$$

при pH = 7 сорбировалось около 40 % фосфат-ионов, при pH = 8 уже около 90 %, а максимум сорбции иона метафосфата HPO_4^{2-} приходился на значение pH примерно 8.5.

Поскольку весьма распространенной формой существования титана в гипергенезе является лейкоксен, мы предположили, что именно это вещество является основным геохимическим барьером для фосфора, сорбируя фосфат-ионы, например, по схеме:

$$TiO_2\ nH_2O\ (\text{лейкоксен}) + [PO_4]^{3-} \Rightarrow Ti[HPO_4]\ 2H_2O.$$

Лейкоксен, как правило, содержит примеси оксида или гидроксида железа, поэтому при сорбции на лейкоксене могут действовать оба барьера — и титановый, и железо-окисный. Известно, что для очистки сточных вод от тяжелых металлов рекомендовано применение синтезированного сорбента — аморфного водного гидроксофосфата титана вида $Ti(OH)_{2x}\ [HPO_4]_{2-x}\ nH_2O$ <...>. Не исключено, что подобное соединение может получаться и в природной обстановке — в предполагаемом процессе сорбции фосфата на лейкоксене.

10. Вымученная *Геохимия фосфора* (2020)

Геохимия фосфора создавалась несколько лет и грозила никогда не кончиться, периодически прерываемая пребываниями в петербургской клинике Св. Луки. Ее удалось завершить только благодаря петербуржцу, доктору **Игорю Николаевичу Орлову**[23].

В итоге длительной работы, в 2020 г. была наконец напечатана книга [10]:

10. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Рыбина Н. В.*** Геохимия фосфора. — Сыктывкар: Геопринт, 2020. 512 с.

В книге рассматривается геохимия фосфора в эндогенных и экзогенных горных породах, включая все магматические, метаморфические, гидротермальные и осадочные, а также аналоги осадочных пород — почвы и неконсолидированные осадки. В числе осадочных пород — все их разновидности, включая псаммиты, пелиты, карбонаты, силициты и вулканогенно-осадочные (туффоиды), а также специфические образования — конкреции. На основании статистической обработки более 6100 выборочных средних, отвечающих примерно 190 тыс. единичных силикатных анализов, оценены кларки фосфора (P_2O_5 и P, % и четырех фосфорных модулей: фосфор-титанового (ФТМ = P_2O_5/TiO_2), фосфор-кальциевого (ФКМ = P_2O_5/CaO), фосфор-железного (ФЖМ = P_2O_5/Fe_2O_3) и фосфор-общежелезного (ФОЖМ = P_2O_5/Fe_2O_3+ FeO), для всех указанных выше групп горных пород, причем для ряда из них — впервые. Помимо новых оценок кларков, иногда сильно отличающихся от прежних, выполненная работа позволила сделать ряд новых выводов. В частности, впервые выделяется титановый геохимический барьер для фосфора, названы и охарактеризованы все 11 генотипов и описаны 5 генетических корреляций фосфогенеза, для характеристики фосфоритов успешно применены методы литохимии.

Вследствие большой широты обобщения, монография имеет крупное теоретическое и прикладное значение.

---

[23] Поэтому книга [10] красуется в его крошечном кабинетике на ул. Чугунной, 46 — среди десятков прочих даров благодарных пациентов. Надеюсь, что к моменту напечатания настоящих *Записок геохимика-2* (2025?), великий доктор Орлов станет, наконец, и доктором медицинских наук…

После марганца и титана, фосфор — последний «малый элемент», определяемый в полном силикатном анализе горных пород. Но если в нашей книге по геохимии титана [9] биосферными процессами концентрации Ti можно было без большой ошибки пренебречь, а в книге по геохимии марганца [6] роль таких процессов признавалась важной, но все же на самой главной — то ситуация с геохимией фосфора — совершенно иная.

Наряду с углеродом, фосфор является важнейшим биоэлементом, без которого невозможна жизнь на нашей планете. Без фосфора невозможны функционирование механизма наследственности (ДНК, РНК), метаболизма (АДФ, АТФ) и существование клеток (фосфолипиды клеточных мембран). Поэтому биосферный аспект фосфора настолько важен, что без него никакое полноценное изложение геохимии этого малого элемента невозможно.

Другая особенность данной книги заключается в характере использованных анализов. Дело в том, что основной массив литературы по фосфору посвящен фосфатным рудам: эндогенным апатитовым, но главным образом — экзогенным фосфоритам, в которых доминирует фтор-карбонатапатит, часто называемый франколитом. Специфический «рудный» аспект такой литературы определил весьма ограниченное ее использование в данной книге, поскольку число полных силикатных анализов фосфоритов очень ограничено.

Тем не менее, если в книгах по геохимии марганца и титана [6, 9], нам пришлось отказаться от намеченного вначале полно-объемного изложения сведений об океанских ЖМК (железо-марганцевых конкрециях) и титановых рудах, которым посвящена громадная литература, — то изложение геохимии фосфора без фосфоритов было бы ущербным. Поэтому фосфоритам здесь посвящена отдельная глава 8, а обширные материалы по генезису фосфоритов — использованы в главах 9 (*Типизация фосфогенеза*) и 10 (*Пять генетических корреляций фосфогенеза*).

В остальном же при подготовке данной книги нами применялась уже апробированная методика сбора и обработки данных, подробно изложенная, в частности, в «Геохимии титана» [9]. Это значит, в частности, что обработкой были охвачены более 6100 сформированных нами выборок, охвативших около 190.000 силикатных анализов горных пород. В сформированных выборкак-кластерах вычислялись сред-

ние значения (арифметическое и геометрическое) всех компонентов и фосфорных модулей, равно как и их дисперсии.

При интерпретации данных корреляционного анализа P_2O_5 и фосфорных модулей с компонентами силикатного анализа мы, как и ранее, считали геохимически значимыми только значения коэффициентов корреляции не хуже чем с 5 %-ным уровнем значимости: $r \geqslant r_{0.05}$. Все значения $r < r_{0.05}$ во внимание не принимались. Для некоторых выявленных таким образом значимых связей фосфора или фосфорных модулей строились корреляционные графики.

Выборочные средние по типам пород магматических, метаморфических и осадочных (например, базиты, метабазиты, песчаные, глинистые, кремнистые и т. д.) использовались для построения частотных гистограмм, необходимых для расчета кларков — аналогично тому, как это делалось нами ранее в [6, 9].

Несмотря на наш полувековой авторский опыт [8], работа над текстом этой книги потребовала предельного напряжения сил. Это было обусловлено исключительной сложностью геохимии фосфора — ее *многофакторностью* (подробнее об этом см. в гл. 9).

Сделанное в книге [10] обобщение трудов ведущих советских геохимиков, минералогов и геологов-фосфоритчиков позволило сформулировать несколько общих выводов [10, с. 56—58]:

«1. Для концентрации фосфора в магматическом процессе, как впервые указано А. Е. Ферсманом, главное значение имеет редкое сочетание двух факторов: (а) тяготения фосфора к бедным летучими основным (а не кислым) магмам и (б) ассоциации фосфора с остаточными летучими компонентами (F, Cl, CO_2). Именно такое редкое сочетание реализуется в щелочных основных породах, наиболее известным представителем которых является многофазная, концентрически-зональная Хибинская щелочная интрузия, в рудах которой содержится в среднем 47 % апатита и 34 % нефелина.

2. В течение многих лет внимание исследователей (и соответственно — масса публикаций) было приковано к изоморфным элементам-примесям фосфоритов — урану, стронцию, редким землям и некоторым другим. Например, Д. А. Минеев доказал, что Хибинские фосфорные руды одновременно являются крупнейшим месторождением редких земель. Выяснилось также, что изотопный состав фосфатных кислорода, углерода и стронция может служить индикатором генезиса фосфоритов.

3. Главными геохимическими барьерами в геохимии фосфора являются кальциевый, закисно- и окисно-железный, так как фосфаты Ca, Fe (II) и Fe

(III) плохо растворимы. Очень часто эти барьеры (особенно окисно-железный) выглядят как сорбционные; однако «за скобками» сорбции стоят процессы образования стехиометрических соединений (хемосорбция).

4. На кальциевом геохимическом барьере образуется Ca-фосфат апатит, на который среди известных 219 фосфатов приходится 96 % всей их массы. Апатит имеет общую структурную формулу $A_{10}[XO_4]_6 Z_2$, где A — Ca, а также Sr, Ba, Pb, Ra, Na и др.; X — P, а также As, V, Si, S, C и др.; Z — F, OH, Cl.

5. Апатит представлен тремя главными разновидностями: эндогенным высокотемпературным **фторапатитом** $Ca_{10}[PO_4]6F_2$, биогенным (скелетным) низкотемпературным **гидроксилапатитом** $Ca_{10}[PO_4]6OH_2$, и гипергенным низкотемпературным фтор-карбонатапатитом **франколитом** $Ca_{10}[(PO_4)_{6-x}(CO)_x](F, OH)_2$, который часто называют просто карбонатапатитом, имеющий наиболее сложный состав, с широкими пределами изоморфных замещений как в катионной, так и в анионной частях. Поэтому нам бы казалось более рациональным именовать *всю совокупность карбонатапатитов — франколитами*, выделяя среди них крайние члены изоморфных рядов с особыми названиями.

6. Давно установлено, что в гипергенезе наименее растворим фторапатит, тогда как франколит растворим тем сильнее, чем больше фосфатная группа в нем замещена карбонатной.

7. В корах выветривания образуются Al- и Ca-Al-фосфаты — такие, как варисцит, вавеллит и крандаллит. При этом для специфического ***сернокислотного выветривания*** фосфат-содержащих сульфидоносных черных сланцев характерен водный сульфатофосфат железа дестинезит (называемым в аморфном виде диадохитом) с общей формулой $Fe_2[PO_4][SO_4](OH)\ 5H_2O$.

8. Для *тонштейнов* (вулканогенных каолинитовых прослоев в угольных пластах) весьма характерны водные алюмофосфаты с общей формулой $XAl_3[PO_4]_2(OH)5H_2O$, где в позиции X могут находиться элементы Sr (гояцит), Ba (горсейскит), Ca ± U (флоренсит и его аналоги).

9. В условиях гипергенеза равновесие между фосфатом и карбонатом кальция весьма неустойчиво, так что при незначительных колебаниях pH и карбонатной щелочности (Alk) равновесие реакции $3CaCO_3 + 2(PO_4)^{3-} \leftrightarrows \square Ca_3(PO_4)_2 + 3(CO_3)^{2-}$ может легко смещаться в обе стороны. Поэтому, с одной стороны, для формирования фосфоритов в осадке необходим Ca-барьер. В существенно карбонатном осадке он уже есть, а в существенно терригенном возникает в диагенезе, вызывание стягивание P в карбонатные конкреции. С другой стороны, избыток кальция в растворе ведет к росту карбонатной щелочности (Alk) иловых вод, что ведет к растворению фосфата Ca. Эти два обстоятельства и являются причиной ***громадного значения диагенеза в формировании фосфоритов***, что было впервые надежно доказано Г. Н. Батуриным в 1970 г. на примере современных углеродистых диатомовых осадков на шельфе ЮЗ Африки.

10. Весьма важной разновидностью Са-барьера является ***метасоматический***, когда происходит фосфатизация карбонатного осадка или породы, то есть карбонатная группа замещается фосфатной группой: $(CO_3)^{2-} \leftarrow (PO_4)^{3-}$. Геологическая важность этого процесса состоит в том, что именно ему, скорее всего, обязано формирование крупнейших месторождений фосфоритов в карбонатных толщах венда-кембрия и верхнего мела–палеогена.

11. На железо-закисном геохимическом барьере образуется водный фосфат закисного железа *вивианит* $Fe_3[PO_4]_2 8H_2O$, образующийся в кислой восстановительной обстановке современных торфяных болот. Железо-окисный барьер в осадке существует только под кислородными водами; в аноксических фациях этого барьера нет, и поэтому значительная часть первично-биогенного фосфора беспрепятственно возвращается в наддонную воду. Самым очевидным проявлением роли железо-окисного барьера является общеизвестный ***парагенезис фосфоритов и глауконита***, детально разобранный в главе 10 данной книги.

12. Самым мощным геохимическим барьером для фосфора в условиях гипергенеза является барьер органический: живое вещество (ЖВ). Например, планктон содержит в среднем 0.15 % P_2O_5, рыбы — около 4 %, а кости животных — около 27 %.

13. От внимания исследователей ускользнул ещё один геохимический барьер для фосфора — титановый. Однако реальность этого барьера доказывается выявленной на огромной аналитической базе корреляцией фосфора (или фосфорных модулей) с титаном <...>

14. Важнейшей закономерностью гипергенной геохимии фосфора является неравномерное распределение фосфора в океанской воде по вертикали фактор, впервые подчеркнутый А. В. Казаковым в 1937 г. Это объясняется поглощением растворенного фосфора в поверхностных водах при фотосинтезе (в фотической зоне) и последующей регенерацией — возвращением фосфора в более глубокие воды при отмирании как первичных фотосинтетиков, так и животных — последующих участников пищевых цепей. Поэтому явление ***апвеллинга*** (подъема более глубинных, обогащенных фосфором холодных вод к поверхности) обеспечивает интенсивное поглощение фосфора при фотосинтезе планктона, что имеет ключевое значение в гипергенной геохимии фосфора.

15. Другой важной закономерностью океанской геохимии фосфора является накопление его в иловых водах океанских осадков — тем сильнее, чем больше в них захоронятся $C_{орг}$, и поэтому нарастающее от глубоководных красных глин к прибрежным восстановленным осадкам.

16. Еще одной закономерностью является накопление фосфора в *аноксических водах* некоторых акваторий, например, в Черном море. Это явление некоторые авторы даже считали главной причиной формирования фосфоритов.

17. Деятельность человека, вследствие широкого применения фосфорных удобрений в сельском хозяйстве, с последующим поступлением фосфора в речные воды, стала весьма ощутимым фактором биосферного цикла фосфора».

Из числа наиболее интересных результатов (помимо «титанового барьера для фосфора», уже рассмотренного выше в разделе 9) здесь стоит упомянуть доказанную тысячами анализов ***тесную связь фосфора с железом.*** Это обусловило два из 11 генотипов гипергенного фосфогенеза [10]: *вивианитовый торфяной* и *сорбционный керченский*. Причиной существования этих генотипов является прочная сорбция фосфата на $Fe(OH)_2$ и $Fe(OH)_3$. Этот же процесс является причиной теснейшей ассоциации фосфата с глауконитом (в качестве удобрения глауконитовые «зеленые пески» использовались еще в 18-м веке).

Наконец, стоит отметить эффективность примененной нами *методики литохимии для характеристики фосфоритов*.

Ниже приведено несколько произвольно выбранных картинок, иллюстрирующих сказанное. Так, на рис. 46—55 показаны корреляции фосфора с железом, выявленные в базитах, мезитах, аллохимических метаморфитах (рис. 46—48), аллювиальных осадках, псаммитах (рис. 50, 51), карбонатных породах (рис. 52, 53), в туффоидах и туфах (рис. 54, 55).

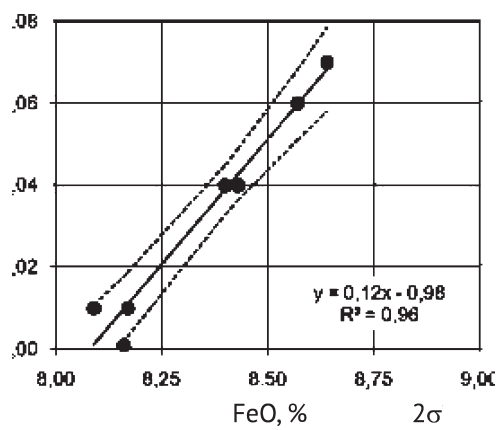


Рис. 46. Корреляция фосфора с закисным железом.

Метабазальты Ветреного пояса.

Построено по данным Е. Б. Золотых и В. М. Ладыгина, 2000 г. <...>

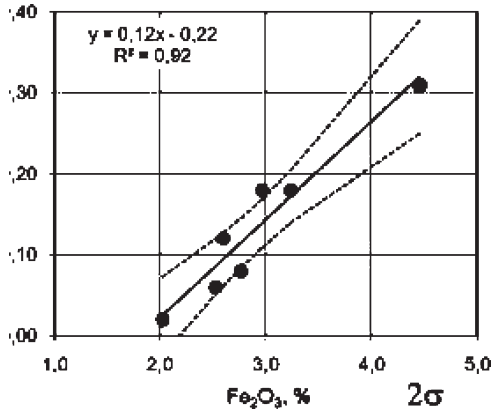


Рис. 47. Корреляция фосфора с окисным железом.

Кембрийские(?) дацитовые игнимбриты Приполярного Урала

Построено по данным И. И. Голубевой, 2003 г. **<...>**

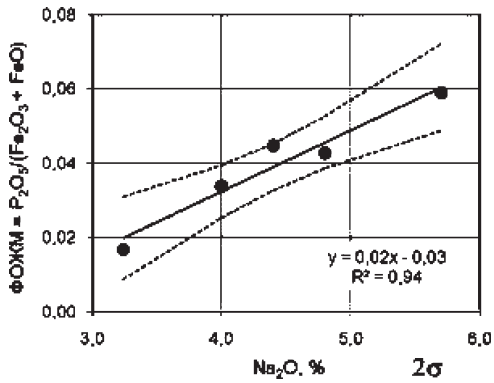


Рис. 48. Корреляция фосфора с железом в карбонатных метасоматитах месторождения Ягодное.

Построено по данным Л. В. Ведерниковой, 1997 г. **<...>**

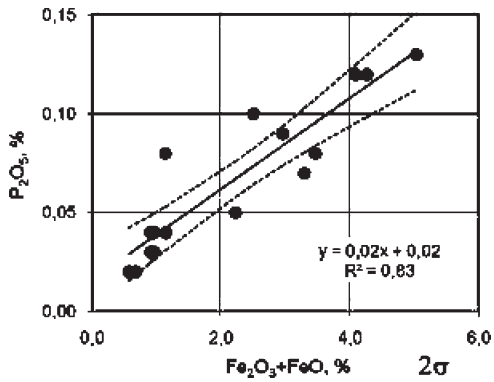


Рис. 49. Корреляция фосфора с железом в аллювии р. Ижмы.

Построено по данным В. И. Силаева, 2008 г **<...>**

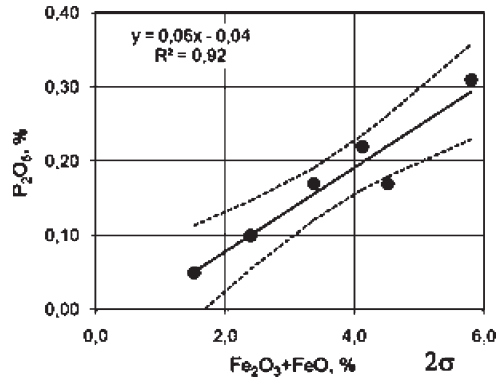


Рис. 50. Позитивная корреляция фосфора с общим железом в нижнепалеозойских песчаниках Осовейской площади на Полярном Урале. *Средние данные*.

Наши данные, 2006 г. <...>

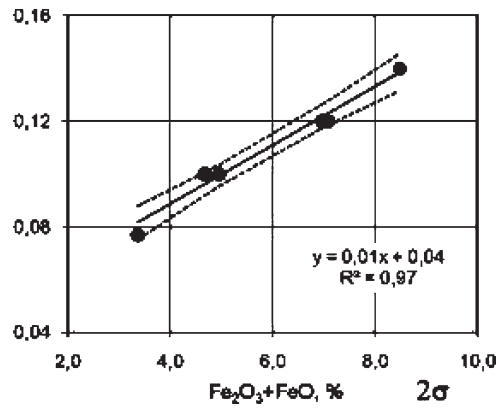


Рис. 51. Корреляция фосфора с общим железом в чумовой псаммитовой толще на В. Печоре. *Средние данные*.

Построено по данным Н. Ю. Никуловой и др., 2006 г. <...>

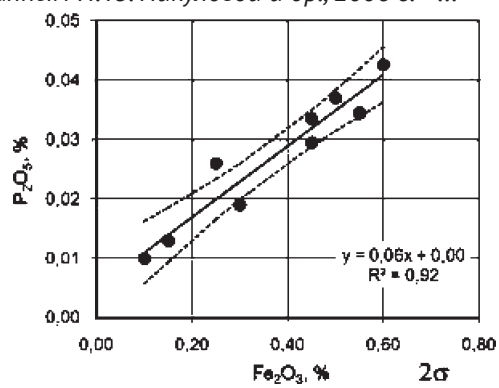


Рис. 52. Корреляция фосфора с окисным железом в нижнерифейских магнезитоносных доломитах Южн. Урала (*Средние данные)*

Составлено по данным Л. П. Урасиной и др., 1993 г. <...>

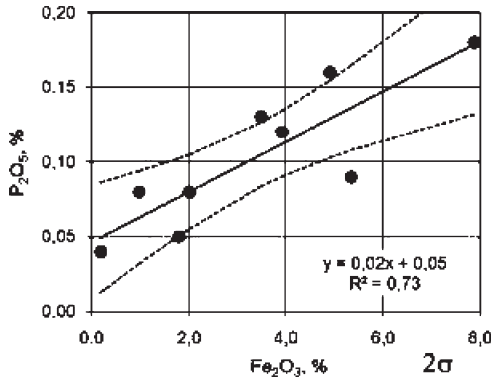


Рис. 53. Корреляция фосфора с окисным железом в существенно родохрозитовых гипергенных образованиях по субстрату няньворгинской свиты D_3–C_1 Полярного Урала.

Построено по данным В. И. Силаева, 2008 г. <...>

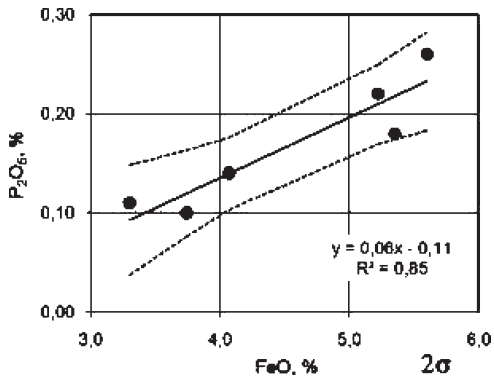


Рис. 54. Корреляция фосфора с закисным железом в фаменских карбонатных туффоидах Пай-Хоя.

Построено по нашим данным, 1998 г.

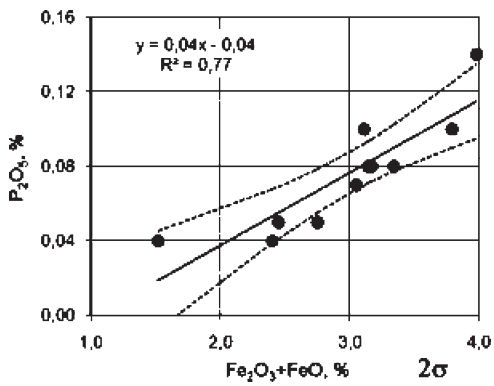


Рис. 55. Корреляция фосфора с общим железом в туфах сопчинской свиты на Пай-Хое

П*остроено по нашим данным* <...>

На рис. 56 изображена модульная диаграмма для фосфоритов Южно-Уральского бассейна.

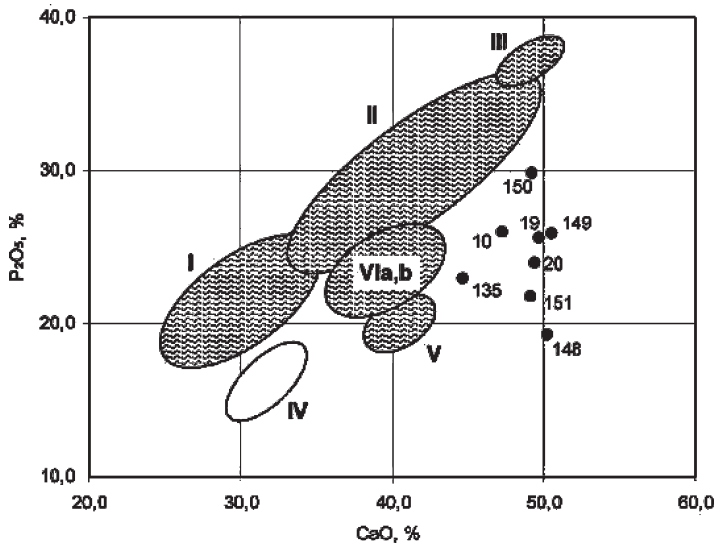


Рис. 56. Литохимическая кластеризация фосфоритов Южно-Уральского бассейна <...>

Она описана в [10, 356—358] следующим образом:

«<...> Совокупность образцов, представленная в основном фосфоритами (105 анализов) имеет следующие содержания основных компонентов (%): SiO_2 0.10—48.25 (в среднем 23.60), Al_2O_3 0.10—8.50 (в среднем 2.94), Fe_2O_3 0.02—8.72 (в среднем 1.64), CaO 29.70—50.55 (37.59), P_2O_5 14.81—37.81 (в среднем 25.54), CO_2 0.10—14.10 (в среднем 2.74).

Эти данные позволяют выделить семь кластеров и восемь составов вне кластеров (<...>, рис. 56). Прежде всего отмечаем группу кластеров I—III с сильной, практически функциональной корреляцией $CaO—P_2O_5$, обусловленной вхождением почти всего CaO в $Ca_3(PO_4)_2$. Первые два являются кремнистыми, практически бескарбонатными фосфатолитами, породы кл. III более карбонатны. Границы кластеров несколько условные, поэтому на рис. 57 они показаны с перекрытиями. Замечательно, что наиболее богатые фосфориты кл. III, кроме вполне понятного обогащения фтором, еще и наиболее глиноземисты, причем Al_2O_3 нельзя связать в глинистое вещество ввиду убогих содержаний SiO_2

Группа кластеров V и VI отличается от кластеров I—III тем, что содержат избыточное количество карбонатного CaO, понижающее значение фосфоркальциевого модуля ФКМ от апатитового (0.73—75) до 0.61—50. Поэтому эта группа пород тяготеет к первой совокупности — фосфатизированных известняков, представляя собою карбонатно-кремнистые фосфориты или даже фосфатные кремни (кл. IV).

Наконец, точки вне кластеров, представляющие либо части нептунических даек (обр. 148—151, шихан Шах-Тау, 19, 20 — Бобровское, 135 — Тастубское проявление), либо зону выветривания (обр. 10, Ашинское месторождение), не подлежат усреднению вследствие аномальных содержаний ряда компонентов или значений гидролизатного модуля ГМ.

<...>

Итак, как было показано еще в книге «Геохимия марганца» [6, с. 390—391], фосфориты Южно-Уральского бассейна представляют собой продукт фосфатизации рифовых известняков и перекрывающих их глубоководных кремнистых осадков в аноксической «предфлишевой формации» **Б. И. Чувашова** <...>, причем фосфатизация карбонатов могла сочетаться с омарганцеванием. Накопление фосфора в водах депрессий Предуральского прогиба было, вероятно, вулканогенным <...>.

В последующем рифы могли воздыматься (формируя гряды карбонатных горок — «шиханов») и подвергаться растрескиванию и выветриванию в субаэральной обстановке, с накоплением в трещинах гидролизатных компонентов (железистых или глиноземных), — возможных коллекторов фосфора <...> с формированием фосфатоносных нептунических даек».

11. Пять необычных *Книг о российских геологах* (2015—2023)

Распад СССР в 1991 г. привел к гибели Советскую Цивилизацию, важным компонентом которой была и уникальная советская геология (главным образом Российская): в мире победившего олигархического капитализма она оказалась ненужной…

Советская геология исчезла. Оказавшись не у дел, советские геологи принялась писать воспоминания о годах своей героической работы. Вначале самостоятельно, а впоследствии с помощью «триггеров» мы с М. П. Кетрис раздобыли многие десятки текстов этих воспоминаний и сопроводили их краткими комментариями, иногда вставляя в них и собственные тексты.

В итоге в 2015—2023 гг. были созданы пять томов (названных *Книгами*), где этот поток воспоминаний был распределен по трем крупным темам. Первые *Три Книги* (2015 г) посвящены каждая только одной из этих тем, а книги *Четвертая* (2016) и *Пятая* (2023) — всем трем, с соответствующими частями.

11а. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Первая. Открытия и находки, прозрения и разочарования. — Сыктывкар: Геопринт, 2015. 480 с.

11б. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Вторая. Геологическое поле. — Сыктывкар: Геопринт, 2015. 376 с.

11в. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Третья. Советская геология. — Сыктывкар: Геопринт, 2014. 336 с.

11г. ***Юдович Я. Э. Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Четвертая: дополнительная.— Сыктывкар: Геопринт, 2016. 568 с.

11д. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Пятая: Ленинградская. — Сыктывкар: Геопринт, 2023. 360 с.



Рис. 57. Так выглядят эти пять книг

В теме (1) **«Геолог мыслит»** (полностью вся *Первая Книга*, части №№ 1 в книгах *Четвертой* и *Пятой*) рассказывается о древних «рудознатцах», о великих российских геологах прошлого (Мушкетове, Обручеве, Карпинском, Левинсоне-Лессинге, Вернадском, Ферсмане и др.), а также о наших современниках Сергее и Владимире Смирновых, Дмитрии Коржинском, Николае Страхове, Николае Шатском, Александре Яншине и др.).

В главах «*Геолог мыслит. О геологии*» и «*Геолог мыслит. О рудах*» рассказывается о достижениях российских геологов в стратиграфии и палеонтологии, петрографии, минералогии, кристаллографии, в изучении руд черных и цветных металлов, золота и платины, о поисках угля, нефти и газа — в общем, во всех разделах геологии, а также геофизики. В книгу *Пятую* добавлен важный раздел 1.9. «Астроблемы», рассказывающий об открытии импактных алмазов замечательным ленинградским геологом **Виктором Масайтисом**.

В теме (2) «**Геологическое поле**» (полностью вся книга *Вторая*, части №№ 2 в книгах *Четвертой* и *Пятой*) рассказывается о маршрутных буднях, о полевом быте, о работе на собаках, о работе на прижимах — проклятии полевого геолога, а также и о многом, многом другом.

Общеизвестно, что полевая работа российских геологов, часто проходившая в диких, труднодоступных местах, в тундре, тайге, горах и пустынях, на необъятных просторах нашей Родины, обычно была сопряжена с разными «приключениями». По прошествии времени они вспоминаются геологу как увлекательные или даже забавные, но не-

редко они бывали и смертельно опасными. Этим «приключениям» посвящены Главы 3 и 4 (в книге *Четвертой* — раздел 2.3, а в *Пятой* — разделы 2.3 и 2.4 — «*Смерть меня подождет*»). Кроме того, в книге *Четвертой* сюда добавлен подраздел 2.1.8. «*Таймырская эпопея Николая Урванцева*» — великого геолога, узника ГУЛага. А о невероятно тяжелом, героическом картировании в 1930—1932 гг. **Николаем Урванцевым** (вместе с **Георгием Ушаковым**) тогда еще неведомых арктических островов читатель узнает из подраздела 2.1.9. в книге *Четвертой* — «*Экспедиция на Северную Землю*».

Наконец, среди геологов очень много таких, которые склонны к лирике, что естественно объясняется спецификой работы наедине с Природой или (если это кому-то нравится больше) — с Богом. В связи с гибелью советской геологии, в этой лирике все чаще стали проступать ностальгические и философские мотивы, ранее почти неощутимые. Во *Второй* книге мы скомпоновали обширную Главу 5, полностью состоящую из геологической лирики в прозе и стихах (аналогичные разделы №№ 2.5 имеются в книгах *Четвертой* и *Пятой*).

В теме (3) **«Советская геология»** (полностью вся книга *Третья*, Главы №3 в книгах *Четвертой* и *Пятой*) рассказывается уже только о советской геологии. Ее развитие определялось возрастающими потребностями страны в минеральном сырье, что привело к ранее невиданному развертыванию геологических работ — съемок, поисков и разведок. Всё то, что происходило в СССР — было и в геологии. Коллективизация, засилье тайной полиции, широчайшее использование рабского труда в ГУЛаге, ужасы войны, послевоенное мракобесие (1949 г.) — всё это отразилось и в нашей геологии. Геологов не миновали ни голод, ни лишения, ни репрессии, но они, как и всегда в России, проявляли самоотверженность и поразительный героизм.

Поэтому, по сравнению с двумя другими, *Третья* книга — наиболее «политизирована». Заголовку книги точно соответствует Глава 1 — *«Геология уже советская. Рабство и победы»*. Здесь рассказано о «советской специфике» нашей геологии, в которой смешалось всё — и хорошее, и плохое. Пожалуй, плохого (интриг, бюрократизма, фанатичного научного консерватизма) было значительно больше, чем хорошего. Главы 2 и 3 посвящены войне и ГУЛагу, и то и другое — по свидетельству только геологов (или тех, кто о них писал). Эти вопросы обсуждаются и в книгах *Четвертой* и *Пятой* (разделы №№ 3.2 и 3.3).

Отдельная Глава 4 посвящена *урановой эпопее* советской геологии. Этой теме, недавно еще совершенно закрытой, после распада СССР стали посвящаться толстые тома мемуарной литературы. Изложение существенно дополнено в книге *Четвертой* (раздел 3.4). Наконец, короткая Глава 5 содержит некоторые материалы о так сказать, постмортальном периоде некогда великой советской геологии — в современную эпоху олигархического капитализма (аналогичные разделы №№ 3.5 имеются в *Четвертой* и *Пятой* книгах).

Структура книги *Пятой* несколько изменена: добавлены две предваряющие главы «*Наши первопроходцы*» и «*Общие проблемы*». Это сделано для того, чтобы полнее отразить вклад в книгу магаданской геологини **Ирины Львовны Жулановой** и петербургского седиментолога **Сергея Ивановича Романовского**, ибо блестящие мемориальные статьи Жулановой, рассказывающей читателю о рабовладельческой империи «Дальстрой», и проблемные книги Романовского оказались чрезвычайно важными для *Пятой* книги.

После публикации в 2015 г. Трех Книг, мы получили много писем. Все читатели книги хвалили, письма были весьма теплыми и даже восторженными… Причину этого можно видеть в необычности этих книг, жанр которых, как будто, не имеет аналога.

По мнению Музы Раменской[24], опубликовавшей в 2016 г. рецензию на эти книги в журнале «Знамя», жанр этих книг можно назвать *«коллективными мемуарами»* <…>. О необычности жанра говорится и в специальном общем предисловии, предваряющем каждую из пяти книг и воспроизведенном ниже.

> «Эта книга (точнее, три книги) — не имеет аналога в мировой литературе.
> Это заявление может показаться по меньшей мере наглым…
> Но что же поделать, если аналога — действительно не видно?
> — Это ведь не роман?
> — Конечно, никакой не роман.
> — Не повесть?

[24] Блестящая московская кристаллографиня **Муза Евгеньевна Раменская** больше известна широкой публике, как биограф нашего великого, всемирно-известного генетика **Николая Ивановича Вавилова**, погубленного в саратовской тюрьме. Помимо этой рецензии, она имеет самое прямое отношение к *Пяти Книгам*: только благодаря ее бескорыстной помощи, нам удалось смонтировать Четвертую Книгу [11г, с. 9].

— И не повесть.

— Не мемуары?

— Мемуарного здесь немало, но всё же это отнюдь не мемуары, и тем более — не составительские.

— Может быть, просто сборник документов?

— Но ведь таких сборников не бывает: здесь слишком много комментария.

— Тогда, быть может, это нечто литературоведческое?

— Да, элементы литературоведения (в отношении геологической поэзии и прозы) здесь есть. Но, во-первых, это всего лишь элементы, а, во-вторых, далеко не профессиональные. Всё же составители — геологи, а не литературоведы.

— Тогда, быть может, это просто Продукт Графомании?

— Но помилуйте: графоман строчит свои дурацкие сочинения самолично, а здесь 90—95 % текста — чужие, вовсе не наши.

Ну, хорошо, оставим поиски аналогов в беллетристике. Может быть, это вообще не беллетристика, а научная работа?

— Да, это, пожалуй, ближе к науке, чем к изящной словесности. Но к науке, во-первых, очень облегченной, «популярной»; во-вторых, не к серьезной науке, а к «романтической»; а, в-третьих, конечно же, только к такой науке, которая близка и понятна самим составителям, которые из более 60 лет совместной жизни — не менее 30 лет провели разлучно — в тайге, тундре и горах Севера России.

В размышлении о том, как же все-таки определить жанр этих необычных книг, в конце концов ему найдено название: это ***рассказ экскурсовода, ведущего читателя по музею Российской Геологии***. Только музей этот необычный: вместо экспонатов в нем — тексты, притом, что все эти экспонаты-тексты были разысканы, собраны, изучены и систематизированы самим экскурсоводом.

Экскурсовод подводит своего читателя к очередному экспонату-тексту, дает несколько вводных пояснений — и отходит в сторонку. А дальше экспонат-текст сам разговаривает с читателем, часто сообщая ему вещи совершенно потрясающие. Экскурсовод при этом присутствует, но только иногда вставляет кое-какие комментарии.

Пройдя с составителями-экскурсоводами по всему музею-серии (т. е. прочитав эти три книги) — читатель узнает о том, что за люди были российские геологи, как они жили и работали, «прежде и теперь», в мирные годы и на войне, и что для составителей, быть может, всего дороже — узнает, *как они мыслили*. Вот об этом (о мышлении геолога) — как будто никто еще не писал».

12. Документы для истории науки: *Научная переписка* (2017, 2019)

За более полувека моей научной работы накопилось множество писем, в которых обсуждались важные детали, касающиеся геологии и геохимии нашего Тимано-Уральского региона, а также и более общих научных проблем. В докомпьютерную эру мои письма были машинописными, а письма моих респондентов — чаще всего рукописными. Эта переписка, в виде 40 переплетенных томов в 1999 г. была сдана в Государственный архив Коми республики, где она доступна всем интересующимся пользователям.

С появлением компьютеров характер переписки радикально изменился: она стала и более обширной и более оперативной (нередко просто онлайновой: ответ на письмо приходил немедленно). Вместо не очень долговечных бумажных (по выражению Карла Маркса, подверженных «*грызущей критике мышей*»), письма стали «вечными», сохраняясь в виде файлов на жестком диске персонального компьютера. Однако теперь для того, чтобы эпистолярным богатством могли воспользоваться другие люди, его следовало как-то упорядочить и сделать общедоступным. С этой целью мы отобрали наиболее интересные письма и распределили их по двум книгам, изданным в 2017 и 2019 гг. [12а, 12б].

В 2017 была издана книга

12а. ***Юдович Я. Э.*** Избранная научная переписка. — Сыктывкар: ООО Коми республиканская типография. 2017. 572 с.

В аннотации было сказано следующее [12а, с. 2]:

«Книга известного российского геохимика задумана с целью сохранить важные детали рутинной научной жизни ученых-геологов. Эти детали не отражаются в обычных научных публикациях, будучи, однако, весьма интересными для истории академической науки в СССР и в России.

В публикуемую переписку включены, во-первых, только компьютерные письма-файлы (в основном с начала 1990-х гг.), и, во-вторых, файлы переписки только с более или менее постоянными адресатами, числом около полусотни.

Соответственно менявшимся на протяжении полувека научным интересам автора, переписка разделена на 17 разделов: геохимия угля; геохимия черных сланцев; кларки углей и черных сланцев; геохимия древних толщ Севера Урала; геохимические горизонты; литохимия; индикаторы литогенеза; глубинные флюиды; геохимия отдельных элементов (германий, марганец, фосфор, уран); происхождение нефти; публикации; феномен УГЖ; диссертации; научные сборища: около РАН и персоналий; около классиологии; разное околонаучное (философское, религиозное, политическое, культурологическое).

Для удобства читателя переписка сопровождается небольшим списком литературы и подробным Именным указателем, составленным Н. В. Рыбиной».

Несмотря на солидный объем «*Избранной переписки*», она оказалась весьма востребованной, так что весь тираж быстро разошелся. Тем не менее, оставалось еще немало интересных писем – с менее постоянными респондентами. Это вынудило нас издать в 2019 г. и вторую книгу [12б]:

12б. ***Юдович Я. Э.*** Интересные письма. — Сыктывкар: ООО Коми республиканская типография. 2019. 332 с.

В аннотации было сказано следующее [12б, с. 2]:

«Настоящая книга является продолжением изданной в 2017 г. «Избранной научной переписки», имевшей целью сохранить для истории важные детали жизни ученых-геологов СССР и России. Как можно было судить по ряду откликов, — книга была воспринята весьма позитивно.

Однако из многих сотен респондентов е-мэйловых писем в «Избранные письма» было отобрано лишь около полусотни более или менее постоянных, объем переписки с которыми обычно составлял не менее 100 Кб. Поэтому многие письма с эпизодическими респондентами остались за кадром. Между тем, и в них содержалась важная для истории нашей науки, и в целом весьма интересная информация. Поэтому издание тома «Интересные письма» имеет целью, как принято говорить, «восполнить этот пробел».

Есть надежда, что данный том, подобно предыдущему, будет позитивно принят нашей научной общественностью вследствие обилия заключенной в нем околонаучной информации, которая после смерти составителя была бы безвозвратно утеряна».

Спустя 5 лет, в момент, когда пишутся эти строки (сентябрь-2024) можно думать, что эта надежда вполне оправдалась: книга [12б] оказалась столь же востребованной, как и книга [12а].

13. Подаренная нам *Альтернативная литохимия* (2020)

Казалось, что после многострадальной *Геохимии фосфора* [10], да еще ввиду отсутствия (по старости) выездов в поле, мы уже ничего нового в геохимии создать не в состоянии.

Однако, в 2020 г. наши давние приятели, член-кор РАН **А. В. Маслов** из Екатеринбурга и доктор наук **В. Н. Подковыров** (былой многолетний сотрудник безвременно ушедшего А. В. Сочавы) издали книгу по литохимии рифтогенных пород. И не только издали, но и немедленно выслали ее нам! Вот как об этом рассказано в [13, с. 5—6]:

«Проработав огромную литературу, а также опираясь на собственные исследования стратотипа рифея на Южн. Урале и гипостратотипа в Вост. Сибири, они собрали характеристики около 40 «объектов», то есть осадочных последовательностей (разрезов), заполняющих варьирующие в геолого-структурном отношении рифтогенные впадины. Для этих «объектов», возрастом от раннего протерозоя до позднего кайнозоя, они привели (со ссылками на первоисточники) и затем обработали 53 таблицы силикатных анализов, общим числом более 1100.

В указанной книге таблицы анализов песчаных пород получили индекс *1*, а глинистых — индекс *2*. Например, для «*Объекта 8*», то есть для разреза палеопротерозойской осадочной последовательности на северном берегу оз. Гурон в Канаде были приведены две таблицы:

«Таблица 8.1. Средний химический состав песчаников формации Serpent [Fedo et al., 1997]» — 14 анализов,

«Таблица 8.2. Валовый химический состав глинистых пород формации Serpent [Fedo et al., 1997]» — 18 анализов.

Применив для обработки анализов все предложенные в литературе дискриминантные диаграммы, А. В. Маслов и В. Н. Подковыров выяснили, что отличить по литохимии рифтогенные терригенные породы от нерифтогенных — практически не удается <...>

<...>

А. В. Маслов не только подарил нам только что изданную книгу <...>, но и по нашей просьбе любезно прислал приведенные в ней таблицы анализов в первичном эксельном формате. Это дало нам возможность выполнить собственную литохимическую обработку анализов».

Приняв исходное положение о том, что все собранные А. В. Масловым и В. Н. Подковыровым анализы характеризуют именно рифтогенные отложения, мы уже не задавались вопросом, чем они отличаются

от анализов других пород (не рифтогенных). Задачи нашей обработки были иными и заключались в следующем:

— выполнить *литохимическую кластеризацию составов*, то есть выделить в приведенных анализах породные разновидности (кластеры);

— опираясь на определенные нами в трех книгах [6, 9, 10], новые кларки трех малых элементов силикатного анализа — изучить распределение титана, марганца и фосфора в рифтогенных отложениях;

— следуя методике, изложенной в указанных книгах, выявить корреляции этих элементов с породообразующими компонентами и/или с петрохимическими модулями, и на этом основании высказать обоснованные суждения о формах нахождения их в рифтогенных терригенных породах.

Лишь в итоге, выполнив эту «альтернативную» литохимическую работу, мы попытались сделать некоторое обобщение, которое могло бы указать на какие-то специфические особенности рифтогенных отложений. При этом мы вполне допускали, что итог нашей работы окажется в точности таким же, как и у А. В. Маслова с В. Н. Подковыровым, то есть никакой литохимической специфики рифтогенные породы не обнаружат. Однако даже такой результат — не основание для уныния! Ибо и само по себе аккуратное литохимическое описание станет, как нам представляется, полезным вкладом в *Литологическую геохимию* [3], дающим литологу дополнительную информацию о терригенных седиментитах.

В итоге мы всего за пару месяцев подготовили по подаренным анализам свою книгу, которую назвали «Альтернативной литохимией», чтобы отразить тот замечательный факт, что использованные силикатные анализы были нам подарены щедрыми коллегами:

13. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Альтернативная литохимия рифтогенных терригенных пород. — Сыктывкар: Геопринт, 2020. 128 с.

О содержании этой книги дает представление Аннотация [13, с. 2]:

«Более чем 1100 силикатных анализов, собранных в недавней книге А. В. Маслова и В. Н. Подковырова ««Синрифтовые осадочные ассоциации. (Несколько литохимических этюдов)» и охватившей 37 рифтогенных осадочных последовательностей возрастом от протерозоя до кайнозоя, были подвергнуты специальной литохимической обработке с выделением разно-

видностей-кластеров, показанных в табличной и графической форме (на модульных диаграммах).

Особо рассмотрены особенности геохимии трех малых элементов силикатного анализа: Ti, Mn и P, которым были посвящены три монографии авторов, изданные в 2014, 2018 и 2020 гг.

С помощью корреляционного анализа оценены их вероятные формы нахождения в рифтогенных песчаных и глинистых породах и приведены многочисленные графики парной корреляции TiO_2, MnO и P_2O_5 с породообразующими компонентами или с петрохимическими модулями.

Выполненная литохимическая обработка может служить литологу полезным дополнением к геолого-структурным и литологическим характеристикам рифтогенных осадочных толщ».

В книге [13] подаренный нам массив анализов разбит на 5 групп (глав) по стратиграфической принадлежности: дорифейские, рифейского-вендские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские

Ниже мы приводим некоторые, произвольно выбранные примеры корреляционных графиков и модульных диаграмм из указанных групп (глав). Так, на рис. 58 и 59 показаны графики для 14 анализов палеопротерозойской формации Serpent на северном берегу оз. Гурон в Канаде [13, с. 23].

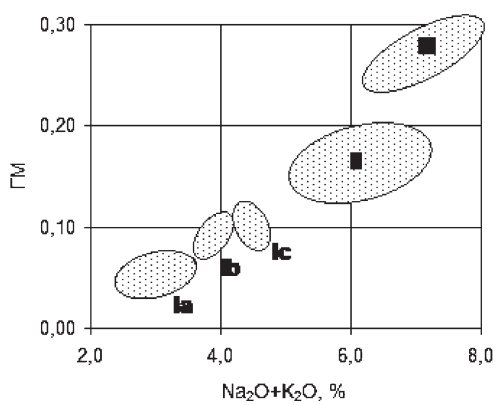


Рис. 58. Литохимическая кластеризация обломочных пород палеопротерозойской формации Serpent.

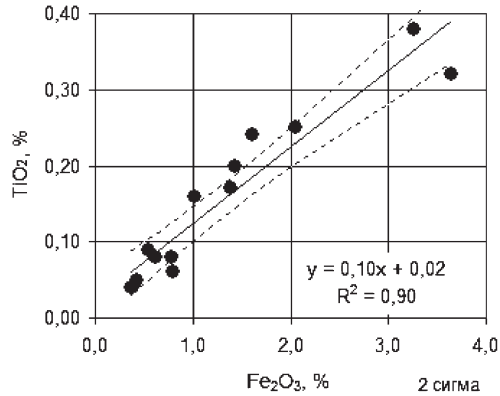


Рис. 59. Позитивная корреляция титана с железом в обломочных породах палеопротерозойской формации Serpent.

На рис. 60 и 61 показаны графики для 25 анализов пермской терригенной толщи Malužiná в Низких Татрах: Западные Карпаты, Словакия [13, с. 67, 69].

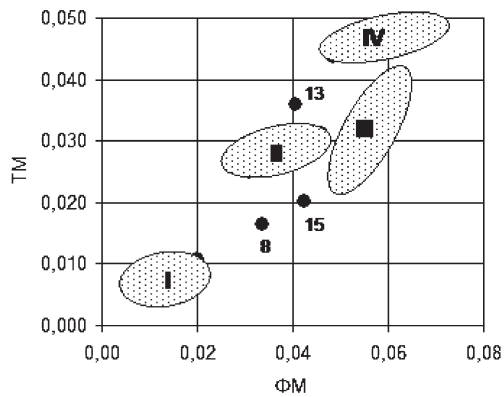


Рис. 60. Литохимическая кластеризация составов песчаников пермской формации Malužiná в Западных Карпатах (Словакия).

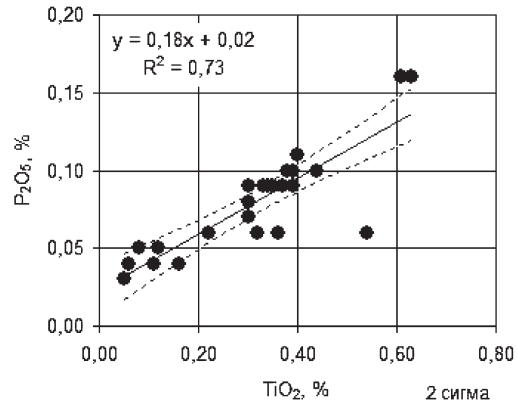


Рис. 61. Позитивная корреляция фосфора с титаном в песчаниках формации Malužiná.

На рис. 62 и 63 показаны графики для 61 анализа триас-юрских глинистых пород на западе Центрального Средземноморья [13, с. 85, 87].

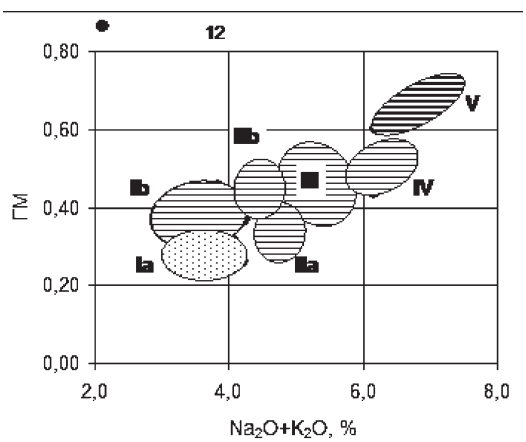


Рис. 62. Литохимическая кластеризация составов триасово-юрских глинистых пород на западе Центрального Средиземноморья.

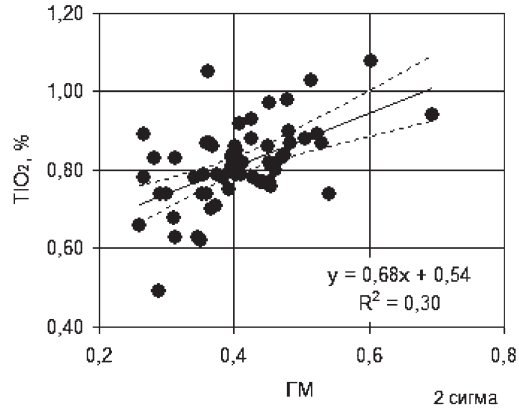


Рис. 63. Позитивная корреляция фосфора с магнием в триасово-юрских глинистых породах на западе Центрального Средиземноморья.

На рис. 64 и 65 показаны графики для 18 анализов высококварцевых песков бассейна Kalahari (Okavango Delta sediments), Восточно-Африканская рифтовая зона, северо-западная Ботсвана [13, с. 114].

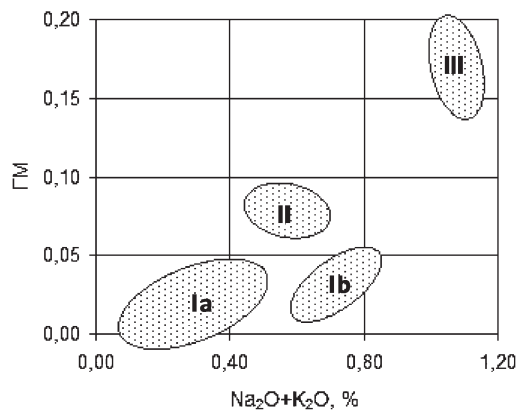


Рис. 64. Литохимическая кластеризация песков бассейна Калахари

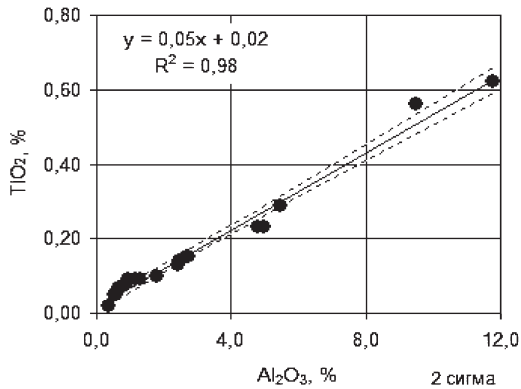


Рис. 65. Корреляция титана с алюминием в песках бассейна Калахари.



Рис. 66. Член-корреспондент РАН **Александр Викторович Маслов**

Хотя, как уже сказано, мы не стремились доказывать, что изученные породы являются рифтогенными, полагая это уже известным, выполненная литохимическая обработка дает в руки геологу весьма полезную (иногда даже неожиданную — неочевидную) информацию. Об этом рассказано в Заключении книги [13, с. 122—126]:

<...> «Приведенные литохимические характеристики рифтогенных терригенных толщ имеют самостоятельную ценность в качестве дополнительной характеристики осадочных пород, заполняющих разнообразные рифтовые депрессии, детально описанные в книге А. В. Маслова и В. Н. Подковырова <...>.

Однако помимо этого, литохимическая информация позволяет сделать и некоторые выводы в отношении геологии, петрографии и даже истории развития рифтогенных толщ. Хотя большинство таких выводов считаются известными и могут поэтому показаться избыточными, некоторые из них могут дать и какую-то новую информацию для литолога, или по крайней мере — «информацию к размышлению».

1. Общая характеристика аналитической совокупности

Если в ней выделяются многочисленные разновидности-кластеры, а границы этих разновидностей по щелочности, по модулю ГМ или по иным показателям — резкие, отчетливые; если наряду с кластерами имеется немало специфических отдельных составов, не подлежащих усреднению, то все это согласно указывает на многообразие горных пород в былых источниках сноса.

В свою очередь, такое многообразие, как известно [1], характерно для рифтов в тектонически активных областях: либо в складчатых («геосинклинальных») зонах, либо на границах литосферных плит. В таких обстановках рифтогенез мог сопровождаться интрузиями и вулканизмом.

Читатель мог видеть, что перечисленные признаки были зафиксированы на модульных диаграммах целого ряда рифтогенных толщ, таких, например, как:

— толщи песчаников машакской свиты среднего рифея (объект 54, <...>);

— толщи пермских и триасовых песчаников в Центр. Индии (объект 39, <...>), с локальной магнезиальностью, карбонатностью, с породами-гидролизатами (возможно, с продуктами КВ по базитовому субстрату), с возможным присутствием пирокластики (?);

— толща меловых кварцевых песчаников Центр. Судана (объект 5, <...>), содержащая песчанистые железные руды, возможно, продукты КВ по базитам;

— толщи меловых глинистых пород в ЮВ Нигерии (объект 70, <...>),

— толщи палеогеновых глинистых пород Фракийского бассейна в СВ Греции (объект 82, <...>).

Если же аналитическая совокупность выглядит компактной, с относительно небольшими вариациями составов пород, с небольшим количеством разновидностей-кластеров и что еще важнее, — с постепенными переходами между ними, иногда даже с частичными перекрытиями контуров кластеров, а также с небольшим числом специфических анализов, не подлежащих усреднению в кластерах, то все это — признаки значительной гомогенности источников, материнских для рифтогенной толщи. Как известно <...>, это

свойственно интракратонным рифтам, которые взламывали осадочную или метаморфическую толщу на кратонах.

Как мог видеть читатель, такие признаки характерны для модульных диаграмм таких толщ, как например:

— толща верхнетриасовых–нижнеюрских глинистых пород в СВ Сицилии (объект 81, <...>), с накоплениями титана и выносом марганца и фосфора, по-видимому, содержащая продукты аридной КВ по кислому (?) субстрату

— толща меловых глинистых пород Бенгальского залива (объект 79, <...>), обогащенных титаном и фосфором и обедненных марганцем, скорее всего содержащих продукты гумидной КВ.

2. Присутствие материала кор выветривания

Если в аналитической совокупности глинистых пород появляются гидролизаты, т. е. породы со значениями модуля ГМ >0.55, то это — указание на присутствие в них материала былых кор выветривания, обогащенного алюминием, железом, часто титаном и нередко также и фосфором. Такое суждение может быть предположительным, если гидролизатами оказываются только единичные составы вне кластеров, но становится бесспорным, если так аттестуются средние составы кластеров.

В свою очередь, как известно <...>, коры выветривания характерны для тектонически спокойных кратонных областей[25]. Нам кажется, что процентная доля пород с участием материала КВ в рифтогенных толщах — гораздо выше, чем в толщах не-рифтогенных. Понятно, впрочем, что такое суждение — пока что сугубо предположительно.

3. Возможность суждения о климате периода корообразования

Для гумидных кор выветривания характерно накопление всех породообразующих элементов-гидролизатов: Al, Fe, Ti, отчасти также Mn^{4+} и P, с тотальным выносом щелочей. Высокое содержание глинозема при низкой щелочности означает доминацию каолинита в глинистом веществе (или даже присутствие свободных оксидов алюминия). Как известно, такой каолинит часто является и титанистым [9].

Аномально-высокое содержание в породах Fe_2O_3 также может быть признаком переотложения материала былых КВ, например, по субстрату базитов.

[25] Вариации количества гидролизатной примеси могут обусловить изменчивость составов пород – обилие кластеров. Но в отличие от Признака №1, такие кластеры будут различаться не резко, без скачков параметров, с постепенными переходами и даже с перекрытиями.

Иногда при этом значение ГМ не достигает границы гидролизатов, оставаясь в пределах сиаллитов (ГМ = 0.30—0.55), но становится аномально-высоким значение железного модуля ЖМ = $(Fe_2O_3+FeO+MnO)/(TiO_2+Al_2O_3)$, так что порода аттестуется уже как *сиферлит*.

Признаки повышенной глиноземистости, титанистости и/или железистости, иногда и фосфатности рифтогенных толщ читатель мог видеть в описаниях таких толщ, как:

— неопротерозойские песчаники Южн. Китая (объект 7, <...>), обогащенные титаном, марганцем и фосфором; это не исключает присутствие материала КВ по субстрату базитов;

— богатые фосфором палеопротерозойские глинистые породы на сев. берегу оз. Гудзон в Канаде (объект 8, <...>);

— высокотитанистые глинистые породы уйской серии гипостратотипа рифея в Вост Сибири (объект 36, <...>);

— неопротерозойские (вендские) алевроглинистые породы шт. Юта (объект 2, <...>);

— алевроглинистые породы ордовика в Южн. Мексике (объект 47, <...>);

— среднеюрские глинистые породы Синайского п-ова (объект 74, <...>;.

— альбские глинистые породы в СВ Испании (объект 78, <...>), обогащенные титаном, иногда и фосфором, обедненные марганцем, вероятно содержат продукты гумидной КВ по кислому субстрату;

— верхнемеловые песчаники в Южн. Индии (объект 44, <...>), обогащенные всеми тремя малыми элементами, по-видимому, содержащие материал КВ по базитовому субстрату;

— меловые глинистые породы Бенгальского залива (объект 79, <...>), очень однородные по составу, обогащенные титаном и фосфором и обедненные марганцем.

Как было доказано в свое время академиком Н. М. Страховым, продуктами размыва и переотложения гумидных КВ являются и олигомиктовые кварцевые песчаники. Важнейший признак таких пород — высокое значение титанового модуля ТМ, как результат природного шлихования осадка, названного нами «*Закономерностью Мигдисова*» [9]. Хорошим примером такой рециклизации могут служить явно литогенные нижнемиоценовые песчаники Суэцкого залива (объект 35, <...>), с высокими значениями ТМ, с накоплениями трех малых элементов в акцессориях тяжелой фракции.

Напротив, для глинистых образований аридной КВ характерно образование не каолинита, а смектита, который при метаморфизме трансформируется в хлорит. В частности, позитивная корреляция P_2O_5 с MgO — результат сорбции фосфата на смектите (с последующим вхождением в хлорит). Также и аридные песчаники отнюдь не кварцевые, а полевошпат-кварцевые, вплоть до аркозов. ***Но самым важным признаком аридных КВ является накопление***

в глинистых породах калия, который при аридном выветривании ведет себя как инертный компонент [9], так что простым и надежным признаком аридных КВ является калиевый модуль (КМ = K_2O/Al_2O_3). Поскольку КМ гидрослюд не превышает 0.30, а в ортоклазе КМ = 0.87, то всякие превышения отношения K_2O/Al_2O_3 над примерным соотношением 1:3 могут указывать на присутствие в глинистых породах примеси дисперсного калишпата, и следовательно, на былое аридное корообразование.

Примеры высокого отношения K_2O к Al_2O_3 читатель мог видеть в таких рифтогенных толщах, как:

— протерозойские высококалиевые аркозы бас. Purana в Индии, с низкими значениями ТМ (объект 29, <...>);

— нижнерифейские высококалиевые песчаники прикамской свиты, сильно обедненные тремя малыми элементами (объект 64, <...>);

— среднерифейские высококалиевые песчаники авзянской свиты (объект 66, <...>), также сильно обедненные тремя малыми элементами;

В числе других примеров с признаками продуктов аридного выветривания можно назвать также:

— очень компактную аналитическую совокупность верхнетриасовых–нижнеюрских глинистых пород в СВ Сицилии (объект 81, <...>), с накоплениями титана и выносом марганца и фосфора, по-видимому, содержащую продукты аридной КВ по кислому (?) субстрату;

— среднетриасовые–верхнеюрские отложения на западе Центр. Средиземноморья (объект 83, <...>), локально обогащенные титаном и обедненные марганцем и фосфором, возможно, с продуктами аридной КВ по осадочному (?) субстрату.

4. Возможность суждения о древнем или субсинхронном вулканизме

Такое суждение возможно на основе некоторых корреляций <...> титана, марганца и фосфора.

В большинстве обычных терригенных пород преобладающая часть титана обычно входит в глинистое вещество (особенно в каолинитовое), что выражается в позитивных корреляциях титана с алюминием и/или с калием, а также (как результат) с модулем ГМ [9]. Марганец чаще всего доминирует карбонатный, что выражается в позитивной корреляции с CaO, а в аридных толщах марганец в основном оксидный, что выражается в позитивной корреляции с Fe_2O_3 [6]. Фосфор может коррелироваться с титаном (результат действия «титанового барьера» [9, 10]), с кальцием (преобладание акцессорного апатита или франколита), а также с магнием или с железом, вследствие сорбции фосфата на смектите или гидроксидах железа [10].

Все подобные примеры корреляций TiO_2, MnO и P_2O_5 в рифтогенных толщах читатель мог видеть в тексте данной книги. Однако иногда эти «нормальные» корреляции нарушаются, и появляются совсем иные. Например, изредка появляется странная корреляция фосфора с натрием. Поскольку хорошо известна фосфатоносность некоторых альбитовых туфов, то в таких случаях можно предполагать присутствие в рифтогенной толще пород вулканогенно-осадочных — *туффоидов* [11]. В них имеется примесь либо пирокластики (субсинхронный вулканизм), либо вулканокластики (древний вулканизм) [4].

В числе некоторых примеров с признаками присутствия вулканогенно-осадочных пород можно назвать:

— мезопротерозойские толщи надсерии Belt-Purcell в США и Канаде (объект 51, <...>), часто магнезиальные и высококалиевые, локально обогащенные тремя малыми элементами;

— осадочные толщи верхов мезопротерозоя в районе Великих Озер/Мидконтинента в США (объект 52, <...>), с локальными накоплениями всех элементов-гидролизатов, с высокими значениями ТМ, с некоторыми необычными корреляциями;

— палеогеновые глинистые породы Фракийского бассейна в СВ Греции (объект 82, <...>), локально карбонатные, с необычными корреляциями титана и фосфора.

Иногда необычный характер корреляций TiO_2 позволяет пойти еще дальше. Так, странная позитивная корреляция TiO_2 — MgO может указывать на процессы в мантии (!), в частности — на характер генерации базальтоидов при дифференциации мантийного «пиролита» [9].

Понятно, что сам факт диагностики туффоидов крайне важен для расшифровки истории накопления данной рифтогенной толщи. При отсутствии иных (геолого-петрографических) признаков, это может дать геологу ценную «информацию к размышлению».

14. Другие исторические документы: *Отзывы* (2021, 2024)

Всякий работник в Академии наук, помимо сочинения отчетов, статей и книг, время от времени занят оценкой труда своих коллег. В этом качестве он может выступать официальным (или неофициальным!) оппонентом при защите кандидатских и докторских диссертаций, а кроме того — рецензентом (также либо открытым, либо анонимным) отчетов, статей и книг.

Вполне понятно, что такого рода документы (как и письма) содержат в себе бесценные свидетельства для истории нашей академической науки, которых будущий ученый не найдет больше нигде.

Например, в 1994 г. я оппонировал талантливому стратиграфу нашего института **Сергею Валериановичу Лыюрову**, сочинившему отличную кандидатскую диссертацию «*Геологическое строение, история развития и полезные ископаемые юрских отложений Западного Притиманья*». Если бы, спустя 27 лет, не публикация книги [14а], никто бы не догадался, что официальный оппонент полностью опроверг наивную концепцию диссертанта о генезисе юрских горючих сланцев и предложил другую — гораздо более правдоподобную, основанную на характерном составе органического вещества горючих сланцев [14а, с. 14—15].

А взяв в руки толстенный том (608 с.!) работавшего в ГИН АН СССР крупного литолога **В. Н. Холодова** (которому так и не удалось пролезть в АН СССР или потом — в РАН) под названием «*Геохимия осадочного процесса*» (2006), будущий читатель никогда бы не узнал, что это сочинение подверглось сокрушительному критическому разбору в нашей огромной статье «*Степень Найта*» [14б, с. 65—92].

Другой характерный пример — это рецензирование книги непримиримого оппонента В. Н. Холодова — профессора геолфака МГУ **Владимира Тихоновича Фролова** — «Литология» (1992—1995). Будущий читатель мог бы никогда не узнать, что один только первый том трехтомника (1992 г.) подвергся детальному разбору на десятках страниц, вызвав у рецензента полярные чувства: с одной стороны — восторг и восхищение относительно содержания, а с другой — ожесточенную критику по части стилистики [14б, с. 9—27].

Сказанное объясняет, зачем на склоне лет я занялся просмотром своих архивов и в 2021 и 2024 гг. опубликовал две книги отзывов:

14а. ***Юдович Я. Э.*** Тернистый путь соискателей: Отзывы на диссертации. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2021. 344 с

14б. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Интересные отзывы. — Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2024. 368 с.



Рис. 67. Сергей Валерианович Лыюров (28.06.1968—05.01.2024)



Рис. 68. Владимир Николаевич Холодов (21.08.1925—28.07.2023)



Рис. 69 и 69а. Владимир Тихонович Фролов (16.03.1923—10.02.2015)
Слева — по случаю Дня Победы, справа — в обычном виде

В книге «*Тернистый путь соискателей: Отзывы на диссертации*» [14а] помещено более семи десятков отзывов на кандидатские и докторские диссертации или их авторефераты, преимущественно по геохимии и литологии. Отзывы разделены на кандидатские и докторские, а также по своему типу — на оппонентские и прочие. Помимо традиционных полных отзывов, здесь приведены также нестандартные или предварительные отзывы на отдельные работы (в том числе особо спорные) — в виде перечня замечаний, вопросов или впечатлений. Включены и некоторые материалы, связанные с процедурой защиты или с работой Диссертационных ученых советов в учреждениях АН СССР и РАН.

О характерных деталях процедуры защиты диссертаций в нашей Академии наук дает представление *Предисловие* [14а, с. 5—8]:

«Важнейшим компонентом научной работы, как в АН СССР, так и позднее в РАН, всегда были и остаются кандидатские и докторские диссертации. Важнейшим — во всех смыслах: и по затраченному труду (часто — многолетнему), и по житейской, карьерной важности (часто — основополагающей) для соискателя... Поэтому не удивительно, что в нашей книге *«Избранная научная переписка»* [12а] этой теме уделено почти 30 страниц!

Особую часть этой темы составляют не собственные сочинения научного работника, а его оценки диссертаций коллег — а именно, составление отзывов в качестве официального оппонента или, гораздо чаще, — краткие отзывы на полученные по почте авторефераты кандидатских или докторских диссертаций.

Напомним, что назначением автореферата является ЗАМЕНА самой диссертации[26]. Вот почему ВАК справедливо требовала, чтобы автореферат ***отражал содержание диссертации,*** то есть давал читателю вполне адекватное представление о ней. И хотя вместить в 15—20 страничек содержание пухлого «кирпича» из 100—300 страниц не так уж просто — однако соискатель кандидатской или, тем более, докторской степени был обязан уметь это делать.

Между тем, в конце 20-го и начале 21-го вв. ***появилась мода составлять авторефераты в виде некоторой импровизации на темы диссертации***. Об этом мне приходилось многократно говорить на Диссоветах и даже писать в оппонентских отзывах, как например, в отзыве на кандидатские диссертации С. А. Репиной или (ниже) — О. В. Ковалевой (2007):

> *«Наконец, следует сказать об автореферате. Он написан по защищаемым положениям, и написан, в общем, в блестящем стиле, концентрируя в себе все самое существенное, полученное в диссертации. Однако о нем нельзя стандартно сказать: «Автореферат отражает содержание диссертации». Если понимать под отражением и структуру текста — то автореферат ее не отражает! Следовательно, он не может служить адекватной заменой диссертации — для чего он, на самом деле, и предназначен.*
>
> *Эта вредная «мода» — сочинять импровизации на темы диссертации вместо полноценного автореферата, к сожалению, стала распространяться в нашем Совете, при явном попустительстве со стороны должностных лиц — Председателя и Ученого секретаря совета. Однако, пока инструкции ВАК продолжают действовать — до тех пор автореферат должен соответствовать требованиям этих инструкций».*

Как правило, *отзывы на авторефераты* не могли существенно повлиять на решение Диссовета и потому были достаточно «безопасны» для соискателя. К тому же, такие отзывы часто писались в спешке, и среди них была масса халтурных, сочиненных «по знакомству» кое-как, нередко без единого замечания[27].

В отличие от отзывов на авторефераты, *оппонентский отзыв* требовал от рецензента упорного труда. Хорошо известно, что саму диссертацию («кирпич» на сленге ученой среды) целиком читают всего три или четыре человека: научный руководитель соискателя и официальные оппоненты (2 для канди-

---

[26] Мне пришла в голову неожиданная мысль: ***не отомрут ли авторефераты в Третьем Миллениуме***? В докомпьютерную эру было невозможно разослать увесистый «кирипич» диссертации всем заинтересованным специалистам, но теперь-то в этом нет никакой проблемы! Ведь можно выставить файл диссертации в Интернете (указав адрес Диссовета), так что полная диссертация станет общедоступной....

[27] На заседаниях Диссоветов нашего Сыктывкарского Института геологии я предлагал отзывы без замечаний сразу отправлять в корзину... Все смеялись, но такие отзывы продолжают присылать и ныне, и конца этой практике не видно. Что касается *наших* отзывов на авторефераты, то они имели две разновидности: обычные (3–4 стр.) и «краткие», не больше 2 стр. Последние составлялись в обстановке срочности, а также на такие работы, квалификация которых была совершенно очевидной.

датской и 3 для докторской). Из членов Диссовета, который должен принять решение в терминах *«достоин — не достоин»*, диссертацию целиком, от корки до корки, как правило, не читает никто[28].

Поэтому отзыв официального оппонента сопряжен с высокой ответственностью: ведь от него самым непосредственным образом зависит оценка диссертации Диссоветом. Обычно оппонирование доверяли лишь «авторитетным» (обычно пожилым!) научным работникам — таким, с мнением которых будет считаться как Диссертационный ученый совет, где предполагается защита, так и впоследствии — ВАК, то есть инстанция на уровне верховного божества — Высшая аттестационная комиссия[29].

Те редкие (скандальные!) случаи, когда защита заканчивалась провалом, бывали иногда сопряжены не с качеством диссертации, а с недостаточно авторитетным оппонированием: (а) либо этот оппонент был мало известен (или вовсе неизвестен) членам Диссовета, так что для них его оценка отнюдь не была убедительной; (б) либо назначенный оппонент слабо разбирался в содержании диссертации, что также делало его оценку недостаточно весомой для членов Диссовета и для чиновников ВАК. Однако провальные защиты в академической практике все же были довольно редкими; в большинстве случаев позитивная оценка диссертации официальным оппонентом обеспечивала соискателю конечный успех.

Именно поэтому перед добросовестным оппонентом всегда стоит дилемма: что из множества замечаний по тексту диссертации стоит включить в отзыв, а что оставить за кадром, чтобы чрезмерно не напугать Диссовет (или чиновников ВАК)[30]. Если диссертация ст*о*ящая, то я решал эту дилемму иезуитским способом: не оспаривая главных результатов диссертанта, называл свои замечания *редакционными*, заверяя Диссовет в том, что они-де не смогут роковым образом повлиять на конечное (позитивное!) решение Диссовета...

Кроме того, в публикуемых текстах оппонентских отзывов содержатся еще два моих скромных know-how:

---

[28] А за пределами Диссовета этот «кирпич» может одолеть разве что личный враг соискателя с вполне понятной целью — чтобы выступить на защите и разгромить соискателя.

[29] Это ныне ВАК скромно существует при *Министерстве науки и высшего образования России*, а в былые времена общесоюзная ВАК стояла так высоко, что с 1975 г. находилась *непосредственно при Совете Министров СССР!*

[30] Я вспоминаю, что однажды наш директор М. В. Фишман попросил меня подготовить совместный отзыв на автореферат докторской диссертации И. Г. Минеевой (сам он по занятости не собирался ничего писать), но придя в ужас от числа моих замечаний, потребовал оставить в отзыве не больше трех замечаний — чтобы не испугать Диссовет...

(а) уже в ***начале отзыва*** (а не только в конце!) я давал общую оценку диссертации, а далее лишь детализировал ее конкретными доказательствами и примерами;

(б) нередко пренебрегая рубрикацией диссертантами своих материалов или даже «защищаемыми положениями» (поскольку и то, и другое могло быть сделано отнюдь не лучшим образом), я выделял в диссертации ***несколько наиболее значимых результатов*** — независимо от того, были они или не были сформулированы самим диссертантом, — и только по ним оценивал научную или прикладную значимость диссертации.

<...>

За 55 лет моего пребывания составителя в Сыктывкарском Институте геологии (1967—2021), в нем сменились четыре директора (М. В. Фишман — Н. П. Юшкин — А. М. Асхабов — И. Н. Бурцев), состарились и ушли в мир иной все его ветераны, но одновременно выросла и сделала себе имя в науке научная молодежь.

Самым ярким эпизодом в истории Института было, конечно, директорство (1985—2008) **Николая Павловича Юшкина**, прошедшего здесь путь от лаборанта до профессора, доктора наук и академика[31] и совпавшее со временем пресловутой «перестройки», сменившейся эпохой Олигархического Капитализма. В эту трудную пору, когда престиж науки катастрофически упал[32], Н. П. Юшкин на посту директора отчаянно сражался за выживание остатков советской академической науки. Он умер в сентябре 2012 г., но его дело продолжили выращенные им талантливые ученики (А. М. Асхабов, тоже ставший академиком, И. Н. Бурцев, С. К. Кузнецов, А. Б. Макеев, В. И. Силаев, В. П. Лютоев, В. И. Ракин, Е. А. Голубев, О. В. Ковалева, В. А. Петровский, Д. А. Бушнев, Н. С. Бурдельная и многие другие).

Думается, что для бывших учеников или последователей Юшкина будет ностальгически-интересно вспомнить о ключевых моментах своего тернистого пути в науку — защитах кандидатских (а иногда и докторских) диссертаций.

Однако составитель надеется, что данное издание явится полезным вкладом в историю не только нашего Института, но и всей советской и российской академической науки — в той ее части, которая касается геологии.

В книге «*Интересные отзывы*» [14б] приведено около шести десятков отзывов на книги и статьи, как уже изданные, так и только

---

[31] См. о Юшкине: ***Юдович Я. Э.*** 45 лет с Юшкиным: Моя юшкиниана // Николай Павлович Юшкин (к 80-летию со дня рождения) – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. С. 89–101.

[32] Наука рухнула одновременно с исчезновением советской производственной геологии. Последней посвящена наша 5-томная «хрестоматия» под общим заглавием «*Российские геологи рассказывают р себе*», опубликованная в 2015–2023 гг. [11]

предназначенные для печати и в свое время направленные автору для экспертизы. Среди книг особое внимания заслуживают отзывы на учебные пособия, в особенности на их слабые места, отнюдь не полезные для студента, не способного самостоятельно отделить зерна от плевелов. Вследствие многолетних профессиональных занятий автора, целый ряд отзывов посвящен геохимии *углеродистых биолитов* (углей и черных сланцев), а также битумов и нефтей, генезис которых был предметом длительных геологических дискуссий.

Во *Введении* книги [14б], кроме информации о ее структуре, приведены соображения первого составителя о финансировании академической науки в СССР и затем в РФ, в частности – о системе грантов [14б, с. 5–6]:

«<...> Помимо отзывов на диссертации, в нашем архиве сохранилось множество отзывов (как коротеньких, так и очень основательных, с цитированием обширной литературы) — на подготовляемые к печати (либо на уже напечатанные) статьи и книги.

Целый ряд таких отзывов (в особенности — резко-полемичных) представляет значительный интерес для истории российской академической науки (преимущественно в области литологии и геохимии). Таково моральное оправдание этой книги: наиболее интересные из отзывов мы решили вывести из забвения — собрать (при необходимости — с краткими пояснениями) и опубликовать.

<...>

С наступлением в России после распада СССР эры Номенклатурного Капитализма, появилась и новая (полностью слизанная с Запада) система финансирования академической науки — гранты.

В дополнение ко все более хиревшему бюджетному финансированию — теперь стало возможным подать заявку на грант РФФИ (Российского фонда фундаментальных исследований, потом трансформированного в РНФ — Российский научный фонд), назвавши свою заявку «проектом».

Иногда «проекты» могли обеспечиваться и другими источниками — например, у нас в Сыктывкаре — из фондов Правительства Коми республики. В 2000 г. мне приходилось оспаривать оценку правительственными чиновниками практической значимости наших исследований. В частности, в одной из докладных записок я указывал, что намеченное ими финансирование имело благие намерения — уменьшить распыление средств на научные исследования путем сокращения перечня выполняемых тем. На моей памяти такие намерения проявлялись со стороны властей Республики уже как минимум лет 30 — и безо всякого результата. Причина в том, что власти имели дело

с Тришкиным кафтаном — выделяемые средства были настолько мизерны, что как ни дели их — все равно не удалось бы удовлетворительно обеспечить финансирование серьезных НИР. Поэтому даже если ошибочные рекомендации правительственного чиновника в отношении исключения ряда названных им тем и были бы выполнены — ощутимого финансового эффекта это бы не дало (тогда как научный ущерб был бы ощутимым).

Обычно чиновники-грантодатели сами не могли решить, давать ли деньги просителю гранта (автору проекта) и поэтому направляли проекты на экспертизу.

Неопытные заявители «проектов», в надежде смягчить задубелые сердца чиновников-грантодателей, старались сочинять свои проекты как можно более «наукообразно», цветисто и многословно. Уже одно это приводило эксперта в ярость, не позволяя оставаться холодно-объективным...».

15. Два великих брата: *Две книги* (2022, 2023)

Хотя практически вся Россия слушала в сентябре 2011 г. автобиографические рассказы профессора **Симона Шноля** «*От 0 до 80*» на телеканале «Культура», а сотни российских математиков в Москве или в Пущине много лет слушали лекции профессора **Эммануила Шноля**, лишь немногие знали, что эти знаменитые ученые — мои родные братья (Э. Э. Шноль — старший, 1928 г. рожд., С. Э. Шноль — средний, 1930 г. рожд., Я. Э. Юдович — младший, 1937 г. рожд.).

Старшие братья родились еще до ареста отца в 1933 г. и росли при его сильнейшем влиянии, а вот я (с фамилией матери, **Фаины Яковлевны Юдович**) — родился только после его освобождения из читинского лагеря. Поэтому я застал отца уже в Калуге (нам пришлось покинуть Москву после возвращения отца), тяжело больным — не встающим с постели; он умер в 1940 г. (Поэтому ко мне в полной мере относится понятие «безотцовщина»...).

Помимо разниц возраста и фамилий, от талантливых старших братьев меня отличало и нечто другое — отсутствие их талантов... Гены, как известно, бывают доминантные и рецессивные. Увы, у меня они как раз рецессивные: такова моя полная неспособность к математике (рецессивный материнский ген) и к языкам (рецессивный отцовский ген).

Иммочка (Эммануил Эльевич Шноль) скончался в Пущине 5 мая 2014 г., а Лялька (Симон Эльевич Шноль) — также в Пущине, 11 сентября 2021 г. Единственное, что я мог сделать для увековечивания памяти моих великих братьев — это составить про них книги.

Первую [15а] я монтировал с помощью его вдовы, математика **Елены Андреевны Ермаковой**, а вторую — с помощью **Марины Петровны Кетрис** [15б]. К этому времени в живых не было уже никого: ни Е. А. Ермаковой (04.01.2022), ни С. Э. Шноля, ни ушедшей годом раньше его жены, профессора **Марии Николаевны Кондрашовой** (11.06.2020):

15а. **Московский математик Эммануил Шноль**. / Сост. Я. Э. Юдович, Е. А. Ермакова. — Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2022. 292 с

15б. **Российский ученый Симон Шноль и его герои** / Сост. Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. — Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2023. 524 с.



Рис. 70. Обложка книги «Московский математик Эммануил Шноль».

Представление о содержании книги [15а] можно получить из *Аннотации* [15а, с. 2]:

«Книга об известном московском математике Э. Э. Шноле (26.08.1928–05.05.2014), составлена по материалам, собранным его вдовой, математиком Е. А. Ермаковой (17.06.1938—04.01.2022). Книга была задумана (2017), смонтирована, отредактирована и снабжена примечаниями младшим братом Э. Э. геохимиком Я. Э. Юдовичем. Она состоит из 6 разделов.

1. **Обзорное** — профессиональная прижизненная и посмертная характеристика научного и педагогического творчества Э. Э. Шноля, сделанная коллективами специалистов-математиков.

2. **Автобиографическое** — ценнейшие воспоминания Э. Э. Шноля о довоенных годах его детства (1933—1940), войне и эвакуации (1941—1943), учебе в МГУ с 15-летнего возраста (1943—1948) и службе в армии (1949—1953), а также о своей научной работе и о преподавателях мехмата МГУ (И. М. Гельфанде, А. С. Кронроде, И. Г. Петровском, М. В. Келдыше, А. Я. Хинчине, Г. С. Ландсберге, Л. И. Мандельштаме, а также о Г. Е. Шило.

3. **Отзывы и воспоминания коллег, друзей и учеников Э. Э. Шноля**, содержащие десятки текстов, с чрезвычайно высокой оценкой его незаурядной личности и научного творчества.

4**. Замечательный педагог и организатор**. Здесь помещены воспоминания бывших учеников Э. Э., как давно процветающих за рубежом, так и оставшихся дома — о его уникальных качествах учителя и организатора.

5. **Разное** — несколько публикаций Э. Э. Шноля как редактора или научного руководителя, а также серия необыкновенно сердечных воспоминаний его учеников.

6. **Приложения** с полным списком публикаций Э. Э. Шноля.

Завершается книга **Именным указателем**, составленным Мариной Петровной Кетрис».



Рис. 71. Обложка книги «Российский ученый Симон Шноль и его герои».

Представление о содержании книги [15б] также дает *Аннотация* [15б, с. 2]:

«Книга об известном биохимике, биофизике и историке российской науки С. Э. Шноле (21.03.1930—11.09.2021) составлена по материалам его книг и телевизионных лекций и содержит 9 глав и 4 Приложения.

Глава 1: Автобиографическое. Составлена на основе 8 серий телевизионного фильма «*От 0 до 80. Симон Шноль*» (2011) и содержит воспоминания автора об отце и матери, о довоенных годах жизни в Москве и Калуге (1930—1941), об аресте отца (1933), начале войны, эвакуации (1941—1944), поступлении на биофак МГУ (1946), работе в ЦИУ врачей (1951—1960),

Глава 2: Кафедра биофизики. Составлена по материалам книги С. Э. Шноля «*Л. А. Блюменфельд. Биофизика и поэзия (*2009)», и помимо характеристики личности и трудов проф. Блюменфельда (1921—2002), рассказывает о созданной им на физфаке МГУ кафедре биофизики, преподаванию на которой С. Э. Шноль посвятил полвека жизни.

Глава 3: Пущинский научный центр. Составлена из материалов книги «*Герои, злодеи, конформисты отечественной науки*» (2010) и описывает историю создания и структуру Пущинского научного центра биологических исследований АН СССР, одним из основателей которого был и С. Э. Шноль, проработавший в нем до конца жизни.

Главы 4, 5 и 6 излагают содержание трех научных книг С. Э. Шноля: «*Изотопы в биохимии*» (совместно с С. З. Рогинским, 1963), «*Физико-химические факторы биологической эволюции*» (1979), и «*Космофизические факторы в случайных процессах*» (2009). В последней книге автор подробно описывает все этапы важнейшего из своих открытий: выявления неконтролируемых «макроскопических флуктуаций» — сначала биологических, а затем и вообще любых процессов на Земле, включая даже радиоактивный распад. Шесть десятилетий изнурительного самоотверженного труда позволили заключить, что эти флуктуации обусловлены движением Земли и Солнечной системы в неоднородном и анизотропном гравитационном поле Вселенной.

Глава 7: Герои, злодеи, конформисты российской науки. Составлена из текстов 3-го издания популярнейшей 720-страничной книги С. Э. Шноля (2010) с таким названием, из которой выбраны 5 характерных очерков об ученых-героях, с которыми автор был лично знаком, а также о самом великом «конформисте» — академике С. Е. Северине.

Глава 8: Агония российской науки. Составлена из *Введения* и *Эпилога* указанной книги и описывает гибель российской академической науки, на которую в 2013 г. Правительство накинуло чиновничью удавку.

Глава 9: Memoria. Составлена из воспоминаний учеников и былых сотрудников С. Э. Шноля (из его Лаборатории вышли 22 доктора и около 50 кандидатов наук), некоторых его коллег и читателей, а также дочери и младшего брата.

В *Приложении 1* дан полный список опубликованных работ С. Э. Шноля числом около 330, в *Приложении 2* — около 40 текстов о нем, в *Приложении 3* — список его 84-х телевизионных лекций и выступлений, а в *Приложении 4* — записи в его Трудовой книжке. Книга завершается *Именным указателем*».

16. Изнанка *Геохимии фосфора* (2022, 2023)

Как было рассказано выше в Главе 10, в 2020 мы издали фундаментальную монографию «*Геохимия фосфора*» [10]; книга моментально разошлась по заявкам, так что в Институте уже ничего не осталось от начального тиража.

— Казалось бы, после этого — что еще можно сказать по данной теме?

— Оказывается, можно сказать многое, если, в некотором роде, «обратить» задачу исследования. А именно, вместо отыскания «эмпирических закономерностей», считать, что таковые уже найдены, и решать на их основе практический вопрос «*Что они нам могут дать*?». Например, вместо многотрудных поисков корреляции между содержаниями в породах P_2O_5 и Fe_2O_3 — принять, что такая корреляция уже надежно установлена и задаться вопросом: «*Как ее можно использовать?*»

Другими словами, исследовать геохимические или минералогические признаки в качестве индикаторов, например, в качестве индикаторов процессов петро-, лито-, и что особенно важно — рудогенеза.

Поставив задачу таким образом, в 2022 и 2023 гг. мы выпустили две книги [16а и 16в], причем первую сразу перевели на английский язык, напечатав перевод как бы в Мельбурне [16б] (а в действительности это сделало странное издательство *Инфинити*, расположенное в Уфе…):

16а. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Рыбина Н. В.*** Состав апатита как универсальный индикатор геологических процессов. — Новосибирск: Свиньин и сыновья, 2022. 140 с.

16б. ***Yudovich Ya. E., Ketris M. P., Rybina N. V.*** The apatite-deceiver as an unique indicator parent rocks and ores, as well as petro-, litho- and ore genesis // Melbourn: AUS Publishers, 2022. 107 pp.

16в. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Геохимия и минералогия фосфора как индикаторы геологических процессов — Сыктывкар: Геопринт. 192 с.

Заметим, что в этой работе с «фосфорными индикаторами» удивительным образом повторилась история создания книг об индикации литогенеза, описанная выше, соответственно, в главах 3 и 5 [3,

5]. А именно: мы вначале «освободились» от минералогии фосфора, смонтировав книгу об апатите [16а, б], а затем занялись собственно геохимией в книге [16в].

– Итак, что же содержится в **первой книге**?

Подробное изложение её содержания приведено в «*Общем заключении*» [16а, с. 109–120], которое мы воспроизводим здесь с некоторыми сокращениями:

«1. Широчайшее распространение акцессорного апатита в магматических горных породах объясняется свойствами фосфора — его крайне ограниченной способностью входить в состав породообразующих минералов. В породах с убогими содержаниями P_2O_5 (таковы некоторые граниты и риолиты) — нет и апатита. Поэтому акцессорный апатит является и концентратором, и носителем фосфора горных пород.

2. Как породообразующий минерал апатит присутствует только в некоторых кумулятивных и редких типах изверженных пород — некоторых пегматитах, нельсонитах и карбонатитах, а также в гипергенных фосфоритах (крупнейшем мировом источнике фосфора для удобрений).

3. В структурном отношении апатит **$Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$** уникален, ибо в его катионной и анионной частях возможны чрезвычайно разнообразные изоморфные замещения — как гомо-, так и гетерозарядные.

Поскольку эти замещения определялись разнообразными характеристиками среды образования апатита — это делает апатит замечательным генетическим «трассером»: по составу апатита удается судить о ТР-условиях в магмах, фугитивности кислорода в них, их глиноземистости, сернистости, содержания в них воды, галогенов, серы и т. д.

4. В катионной части Ca^{2+} может замещаться Na^+, K^+, Ag^+, Sr^{2+}, Mn^{2+}, Mg^{2+} Zn^{2+}, Cd^{2+}, Ba^{2+}, Sr^{2+}, $РЗЭ^{3+}$, Y^{3+}, Sc^{3+}, U^{4+} и Th^{4+}. Из перечисленных наибольшее значение для использования апатита как индикатора геологических процессов имеют Mn, Sr, REE (РЗЭ) и U. Кроме того, апатиты являются и реальным сырьевым источником РЗЭ[33] и U.

5. В анионной части фосфат, галогены и гидроксил могут замещаться CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, $Cr_2O_4^{2-}$, AsO_4^{3-}, VO_4^{3-}, BO_3^{3-}, JO_3^{3-}, CO_3F^{3-}, CO_3OH^{3-}, SiO_4^{4-}. Из перечисленных наибольшее значение имеют карбонат и сульфат.

6. Изоморфные замещения Ca дополнительно усложняются в зависимости от положения Ca в структуре, так как Ca входит и в фосфатный скелет

[33] Выдающийся российский геохимик **Дмитрий Андреевич Минеев** первым доказал, что Хибинские месторождения апатита по своим ресурсам являются крупнейшим сырьевым источником РЗЭ, за что в 1981 г. был удостоен Премии Совмина СССР.

структуры (атомы **Ca1**), и в каналы структуры (атомы **Ca2**). Атомы **Ca1** находятся в 9-координации, образуя правильную тригональную призму состава $\mathbf{CaO_9}$, тогда как атомы **Ca2** находятся в 7-координации, образуя неправильный многогранник состава $\mathbf{CaO_{6A}}$, где **A** — это анионы, замещающие кислород, то есть галогены, CO_3^{2-} и др.

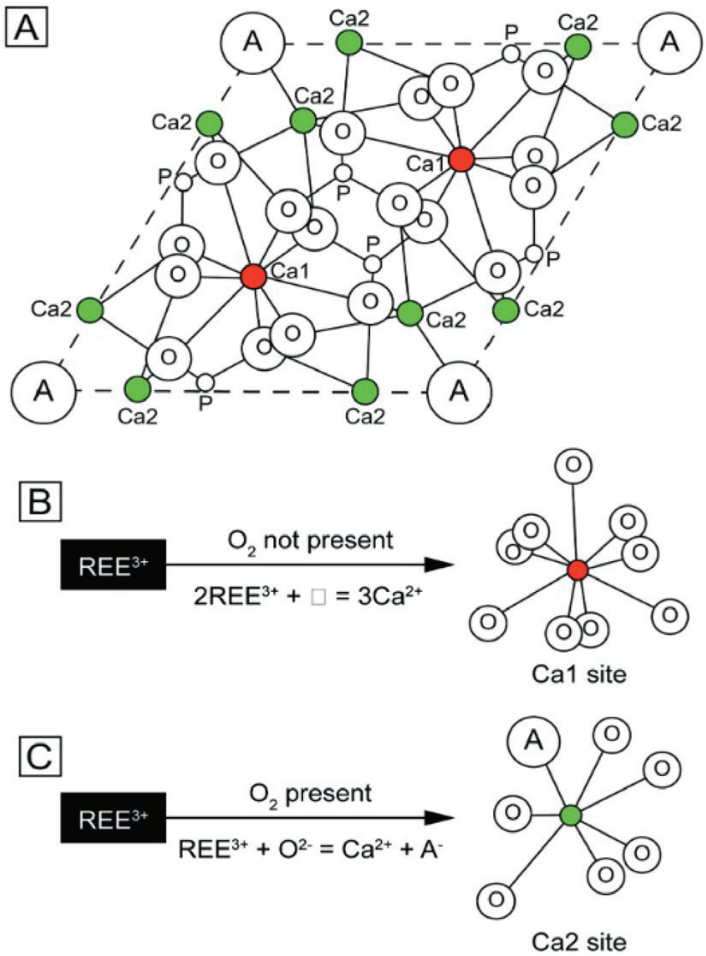


Рис. 72. Схема вхождения катионов редкоземельных элементов (REE^{3+}) в структуру апатита, в зависимости от структурного положения атомов кальция в элементарной ячейке [16а, с. 8], взятая из статьи Аманды Гарсии, 2020 г. (***Garcia A. K.*** Development of an apatite oxygen paleobarometer: Experimental characterization of Sm^{3+}-substituted apatite fluorescence as a function of oxygen availability // Precambrian. Res. 2020. Vol. 349. 105389в)

7. Побудительном толчком («триггером») к составлению нашего обзора, явилась недавняя (2020) обобщающая публикация по составу апатита, охватившая 147 работ:

Gary O'Sullivan, David Chew, Gavin Kenny, Isadora Henrichs, Dónal Mulligan. *The trace element composition of apatite and its application to detrital provenance studies* // Earth-Science Reviews, 2020, vol. 201. 103044.

Поскольку 4 автора этого обзора — из Дублина, и только Гэвин Кенни — из Стокгольма, то для простоты он назван нами «ирландским обзором». Авторы ирландского обзора впервые охватили все известные применения состава акцессорного апатита для индикации условий, в которых формировались вмещающие (или ассоциирующие) породы или руды. В результате основательного рассмотрения различных диагностических графиков, авторы особо рекомендуют логарифмический «биплот» LREE[34] — Sr/Y, в котором важное диагностическое значение величины Sr/Y было обосновано Е. А. Белоусовой. Основное внимание авторы уделили детритовому акцессорному апатиту магматических и метаморфических пород (попадающему в терригенные осадочные породы) и гораздо меньшее — апатиту фосфоритов, который они называют «аутигенным».

Как и вообще на Западе, вне сферы внимания авторов ирландского обзора остались русскоязычные работы. Единственное исключение касается работ нашей выдающейся геологини Е. А. Белоусовой, но лишь потому, что эти работы — англоязычные.

8. Образование биоапатита, из которого в значительной части состоят кости и зубы позвоночных животных (в том числе и человека) является сложным, стадийным процессом. В естественных условиях биогенный **гидроксиапатит $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$** сразу не образуется, а предваряется биофосфатом-1 — либо **октакальцийфосфатом $Ca_8(HPO_4)_2(PO_4)_4{\cdot}5H_2O$**, либо **брушитом $CaHPO_4{\cdot}2H_2O$**, а при особо сильных пересыщениях физиологического раствора — **аморфным Ca-фосфатом $Ca_xH_y(PO)_z{\cdot}nHO$** (n = 3—4.5). Таким образом, гидроксиапатит оказывается биофосфатом-2, он образуется только по субстрату биофосфата-1, чаще всего — октакальцийфосфата.

9. В 2014 г. удалось экспериментально доказать, что при мочекаменной болезни (нефролитиазе) формирование давно известного урологам моногидрата кальциевого оксалата — **вевеллита $CaC_2O_4{\cdot}H_2O$** теснейшим образом связано с более ранним образованием гидроксиапатита. Модельные эксперименты прояснили, почему вевеллит в почечной ткани, как правило, нарастает на так называемые бляшки Рэндалла — участки с дисперсно-рассеянным гидроксиапатитом.

10. Как российские, так и зарубежные петрологи надежно доказали, что соотношение галогенов в апатите является отличным индикатором флюидного режима в петро-и рудогенезе. Известны два тренда магматической дифференциации базальтоидных магм: (1) толеитовый — эволюция расплава

[34] Здесь это РЗЭ от La до Nd включительно.

в сторону накопления железа — с образованием железистых габброидов, с которыми связаны титано-магнетитовые руды, и (2) известково-щелочной — эволюция расплава в сторону повышения его кремнекислотности и щелочности, с чем связано скарново-магнетитовое оруденение. Эти тренды хорошо фиксируются по содержанию хлора и фтора в апатитах. Сопоставление показателя железистости расплавов f (f = Fe/(Fe + Mg), ат.%) с содержанием галогенов в акцессорных апатитах показало, что хлор в апатитах проявляет ярко выраженную феррофильность, а фтор — магнезиофильность.

11. Уральские геологи, изучавшие упавшие вблизи Челябинска хондриты «Челябинск», «Урал» и «Озерное», подтвердили, что самым характерным фосфатом хондритов является **меррилит** $Ca_9Na[Fe,Mg][PO_4]_7$ — безводный концевой член в серии 14 твердых растворов меррилит — витлокит.

12. Апатиты могут содержать серу вследствие замещения аниона фосфата анионом сульфата. Содержание S в апатите находится в прямой зависимости от былого содержания S в расплаве. Экспериментально удалось показать, что введение в риолитовый расплав при окислительных условиях до 0.5 мас. % S резко повышало растворимость апатита в расплаве. Как доказано уральскими геологами, высокосернистые апатиты (до 0.65 мас. % S) являются хорошими индикаторами перспективности габбродолеритов на Cu-Ni-оруденение.

13. **Франколит** $Ca_{10-a-b}Na_aMg_b[PO_4]_{6-x}(CO_3)_{x-y-z}(CO_3F)_y(SO_4)_zF_2$, низкотемпературный фторкарбонатапатит (часто называемый просто карбонатапатитом), является основным минералом гипергенных фосфорных руд — фосфоритов. Как доказано российскими геохимиками из МГУ — **В. С. Савенко** и его дочерью **А. В. Савенко**, ***франколит образуется в диагенезе морских илов*** — по мере захоронения осадка и его удаления от раздела «наддонная вода/осадок». В этом процессе происходит нарастание карбонатной щелочности поровых вод, в результате чего первоначально образованный осадок фосфата кальция начинает растворяться и возвращать в поровые воды (и далее в наддонную воду — «фосфорное дыхание осадка») фосфатную группу PO_4^{3-}, которая в осадке замещается карбонатной группой CO_3^{2-}.

Однако ***часть карбонатапатитов имеет первично-биогенную природу***, формируясь, в частности, в зубной ткани, где радикалы CO_3^{2-} могут замещать как OH^-, так и PO_4^{3-} в решетке биогенного гидроксиапата.

Важным открытием последних лет является обнаружение огромных ресурсов франколита не в морских осадочных породах, а в ***коре выветривания карбонатитов*** нашего уникального редкометального месторождения Томтор, не имеющего по своим размерам и составу мирового аналога.

14. Значение ***цериевой аномалии*** $Ce^A = Ce_N/Ce^*$, где $Ce^* = 1/3\ (1.44La_N + 0.66\ Nd_N)$ в апатитах является важным инструментом диагноза. Поскольку в современном аэрированном океане (скорее всего, также и в океанах фа-

нерозоя) величина $\mathbf{Ce^A}$ <1 (что принято называть «отрицательным»), то апатиты, образовавшиеся в равновесии с морской водой, также должны иметь «отрицательное» значение цериевой аномалии. Соответственно, всякое повышение величины $\mathbf{Ce^A}$ указывает на формирование апатита либо в глубоких субоксических водах (где содержания Ce сильно понижены), либо в аноксических водах, где Ce (III) вообще не окисляется, так что величина $\mathbf{Ce^A}$ в таких апатитах близка к единице.

15. Значение ***европиевой аномалии*** $\mathbf{Eu^A = Eu_N/Eu^*}$, где $Eu^* = S\ (Sm_N + Gd_N)$ в большинстве низкотемпературных апатитов близко к 1 — как и в морской воде. Однако в некоторых магматических апатитах отмечалось значение $Eu/Eu^*<1$, что указывает на вхождение восстановленного Eu^{2+} в более ранний плагиоклаз. Несмотря на теоретическую невозможность восстановления Eu в гипергенезе, изредка значения $Eu/Eu^* <1$ наблюдались в осадочных апатитах сероводородных («эвксинных») фаций; таким образом, величина $\mathbf{Eu^A}$ может служить индикатором таких фаций.

16. Часто наблюдаемая тесная ассоциация фторапатита с монацитом отражает *историю полиметаморфизма*. Обычно монацит образуется раньше фторапатита, забирая из среды ресурс РЗЭ. Однако при снижении температуры монацит становится нестабильным, реагируя с вмещающими силикатами и сбрасывая содержавшиеся в нем РЗЭ. Это приводит к нарастанию на первичный монацит-1 замечательных «корон», состоящих из фторапатита и алланита, в которых при новом эпизоде снижения температуры метаморфизма появляются вростки новообразованного монацита-2.

17. Наряду с РЗЭ, весьма информативными элементами катионной части апатитов являются ***стронций и марганец***. Отношение ***Sr/Mn*** было предложено в одной из работ Е. А. Белоусовой с коллегами, а затем успешно использовано на сконструированном авторами ирландского обзора «биплоте» ***Sr/Mn*** (по ординате) — ***LREE*** (по абсциссе), где LREE содержали 7 лантанидов от La до Gd. Заметим, что только для двух оконтуренных авторами полей нужна ось абсцисс: минимальные содержания LREE для поля LM (низкоградных метаморфитов и метасоматитов) и максимальные — для поля ALK (щелочных магматитов). Для остальных 4-х полей параметр LREE «не работает», и они вполне удовлетворительно (с перекрытиями, не превышающими 15 % площади) распознаются по единственному белоусовскому параметру ***Sr/Mn***.

18. Актиниды ***уран и торий*** в катионной части апатитов также можно использовать для диагностических целей. Уран имеет два различных состояния: в кислородных условиях соединения U^{6+} хорошо растворимы, а в бескислородных водах оксид U^{4+} нерастворим. В то же время на растворимость Th не влияют изменения редокса, что и приводит к увеличению соотношения ***Th/U*** в аноксических гидрофациях. Если степень океанической аноксии станет значительной (как, например, предполагалось для раннего триаса), то

резервуар урана в морской воде истощится, что приведет к увеличению соотношения ***Th/U*** в апатите.

19. Помимо использования урана как геохимического индикатора (для диагностики гидрофаций седиментации), ***апатиты являются реальным сырьевым источником урана***. Из фосфатных руд, запасами которых располагают десятки стран мира, можно извлечь от 9 до 22 млн. т урана. Это позволило бы обеспечить поставки урана для атомной энергетики в течение 440 лет.

20. Изотопное отношение $^{87}Sr/^{86}Sr$, нашедшее широчайшее применения для датирования карбонатных осадочных пород, стало активно использоваться и для фосфатного стронция — для датирования апатитов. В пелагиали океана фоссилизированные остатки рыб (ихтиолиты) сохраняют изотопный состав стронция вод океана в момент жизни рыб, поэтому изотопный состав стронция ихтиолитов может быть использован для определения их возраста.

21. Изотопные отношения $\delta^{18}O$ в кислороде апатитов и $\delta^{13}C$ столь же широко использовались, как и величина $\delta^{87}Sr$ — для оценки климата эпохи седиментации. Изучался фосфат костей и зубов наземных животных, фосфат ихтиолитов, но ***наиболее перспективным следует признать изотопный анализ кислорода и углерода конодонтов***. Именно этот метод получил в последние годы наибольшее распространение.

22. Громадное применение нашел ***изотопный анализ неодима*** с использованием величины ***εNd*** — «эпсилон неодима». т.е. нормированного по хондриту отношения изотопов $R = {}^{143}Nd/{}^{144}Nd$:

$$\varepsilon Nd = (R_S / R_{CHUR} - 1),$$ **в** десятитысячных долях**.**

Здесь R_S — это $^{143}Nd/^{144}Nd$ в образце, а R_{CHUR} — значение $^{143}Nd/^{144}Nd$ в **CHUR** — «однородном хондритовом резервуаре» (chondritic uniform reservoir), которое принимается равным **0.512638.**

Поскольку апатиты концентрируют РЗЭ в своей катионной части (в том числе и неодим) — то именно апатит представляется самым удобным объектом для использования величины ***εNd*** в диагностических целях — а именно, ***для диагностики петрофонда***, из которого поступил в осадок детритовый апатит. Дело в том, что мантия (и ее молодые магматические дериваты) имеет отношение $^{143}Nd/^{144}Nd$ выше, чем Земля в целом — и соответственно, **позитивные значения *εNd***. Напротив, древние породы коры имеют $^{143}Nd/^{144}Nd$ ниже, чем в Земле в целом, и соответственно, **негативные значения *εNd*** — тем более негативные, чем старше породы. Эти данные позволяют с большой достоверностью определять петрофонд по величине ***εNd*** в апатите.

23. Другое замечательное свойство величины ***εNd*** в апатите (в частности, в фосфате конодонтов) позволяет применять её ***для реконструкции деталей палеогеографии***, поскольку, как показано для современного океана,

величина ***εNd*** в морской воде является замечательным трассером океанской циркуляции.

24. ***Апатиты из магматических пород ультраосновного и основного состава,*** с которыми генетически связаны месторождения Ti-Fe-V руд, имеют максимально-высокие значения показателя Sr/Y при низких содержаниях LREE. Наиболее хлористые апатиты выявлены российскими геологами в расслоенных мафит-ультамафитовых интрузиях с зонами малосульфидной ЭПГ-содержащей минерализации. По мере развития процесса магматической дифференциации базальтоидных магм от габбро к диоритам и кварцевым диоритам, содержание Cl в апатитах снижается, а фтора возрастает. При дальнейшей дифференциации вплоть до тоналитов, хлорность апатитов продолжает убывать, а фторность — увеличиваться.

25. ***Апатиты из кимберлитов*** содержат кремний, что объясняется сопряженным замещением иона PO_4^{3-} ионами CO_3^{2-} и SiO_4^{4-}, отражающим более высокое содержание CO_2 в исходных расплавах, а также накоплением в кимберлитовой магме Si вследствие преимущественной кристаллизации карбонатов по сравнению со слюдой/монтичеллитом.

26. ***Апатиты из гранитов*** на логарифмическом графике LREE — Sr/Y образуют два обособленных поля: IM и S. В **поле IM** (срединные, промежуточные значения по обеим осям) попадают апатиты из гранодиоритов и «мафических» I-гранитов с низкими значениями индекса ASI = Al/(Ca+Na+K). **В поле S** попадают фторапатиты из анатектических гранитов S-типа, а также из «фельзических» гранитов I-типа, с высоким значением индекса ASI. При неких средних содержаниях по абсциссе LREE, они четко выделются минимальными значениями по ординате Sr/Y.

27. Обнаружение с помощью катодолюминесценции четкой ***зональности в апатитах*** из гранита Шап в Сев. Англии, явилось настоящим подарком для петрологов, которые ранее не имели подходящего способа для суждения об эволюции гранитных магм. Катодолюминесцентные изображения зонального апатита в сочетании с анализом микроэлементов методом LA-ICP-MS обеспечивают мощные инструменты для расшифровки кристаллизации гранитов. Длительная кристаллизация апатита, не претерпевшего вторичных изменений, позволяет воссоздать полную картину эволюции гранитной магматической системы.

28. ***Апатиты из щелочных пород***, как известно, отличаются высокими концентрациями РЗЭ. Поэтому на логарифмическом графике LREE — Sr/Y они образуют самое правое **поле ALK C** максимальными цифрами по абсциссе LREE, но с широкими (не диагностичными) вариациями по ординате Sr/Y.

29. ***Апатиты из карбонатитов*** на том же графике LREE — Sr/Y попадают в «ультрамафическое» **поле UM** вместе с пироксенитами, лерцолитами и «мафическими» I-гранитами с низким индексом ASI. Для этого поля харак-

терны самые высокие значения по ординате Sr/Y и умеренно высокие — по абсциссе LREE.

30. Геологическая эволюция карбонатитов и связанной с ними минерализации отличается чрезвычайной сложностью — многоэтапностью, Опираясь на состав апатитов, по-видимому, решающий вклад в понимание эволюции карбонатитов и наследующих им метасоматитов и гидротермалитов внесли в 2017 г. сибирские геологи.

31. ***Апатит гранитных пегматитов*** отличается исключительным своеобразием, особенно — в пегматитах анатектических гранитов S-типа. Дело в том, что в исходных высокоглиноземистых расплавах, возникших из метапелитов, апатит хорошо растворим — лучше, чем в малоглиноземистых, вследствие дефицита Ca, который уходит в плагиоклаз. Поэтому в остаточных (пегматитовых) расплавах так много не-кальциевых фосфатов. Присутствие необычных фосфатов (Li, Fe, Fe-Mn и Mn), например, высокомарганцовистого фторапатита и беусита $CaMn_2[PO_4]_2$, названного в честь нашего знаменитого геохимика и минералога **А. А. Беуса**, — можно считать характерным для гранитных пегматитов. При последующем гидротермальном изменении пегматитов, апатит вообще исчезает, а преобладавшие Fe-Mn-фосфаты замещаются такими бескальциевыми минералами, как редкие алюмофосфаты монтебразит $LiAlPO_4(OH)$ и чилдренит $Fe^{2+}AlPO_4(OH)_2 \cdot H_2O$.

32. ***Апатит метаморфитов*** имеет характерные отличия от магматического апатита. В числе характерных минералов метаморфитов можно назвать **гояцит $SrAl_3(PO_4)(PO_3OH)(OH)_6$** — фосфат алюминия и стронция из группы крандаллита, а также появление низкотемпературной ассоциации **флоренсита $(Ce,La,Nd)Al_3(PO_4)_2(OH)_6$ и крандаллита $CaAl_3(PO_4)_2(OH)_5 \cdot H_2O$ —** крайних алюминиевых членов группы алюмо-сульфато-фосфатов из надгруппы алунита.

33. Возрастание температуры метаморфизма вплоть до анатексиса снижает содержание РЗЭ в первичных магматических апатитах и понижает Sr/Y — за счет одновременного возрастания концентраций Y и снижения концентраций Sr. На логарифмическом графике LREE — Sr/Y составы апатитов образуют два непересекающихся поля. **Поле LM** (широкий, не диагностичный интервал значений по ординате Sr/Y и минимальные содержания LREE по абсциссе) — это низко- и среднеградные метаморфиты, для которых характерно растворение и переосаждение апатита — с соответствующей потерей РЗЭ. **Поле HM** (невысокие значения Sr/Y и умеренные содержания LREE) — это апатиты из высокоградных метаморфитов и метасоматитов; сюда же попадают и составы апатитов из лейкосомы анатектических метаморфитов.

34. ***Гидротермальные апатиты*** (в том числе апатиты из различных руд) отличаются большой изменчивостью состава. В частности, фторапатиты из уральских *кварц-жильных руд Au*, связанных с гранитоидами, отличаются присутствием заметного содержания SO_3 — до 1 % масс. %. В *норильских суль-*

фидных рудах с ПГЭ минерализацией московские геохимики выделили до 3-х генераций апатита, состав которых свидетельствует о дискретной эволюции флюидов, сопровождавших рудообразование: от водно-хлоридного до хлоридного, затем от водно-хлоридно-фторидного до существенно фторидного. Лантаниды, высвобожденные при замещении хлорапатита-I фторапатитом-II, вероятно, входили в состав пневматолитового зонального ортита-(Ce).

Фторапатит *из месторождений железных руд «типа Кируна»* — низкостронциевый, с малой примесью гидроксила и РЗЭ. Этот апатит — реликтовый, подвергшийся сильному изменению с выносом Na, Cl и РЗЭ. Вынесенные РЗЭ вошли в состав вторичного монацита, а отчасти также в алланит и ксенотим, образующие либо самостоятельные кристаллы, либо включения в апатите. Для апатита из *Fe-Cu-Au руд гигантского месторождения Олимпик-Дам в* Южн. Австралии характерно накопление средних РЗЭ (MREE) — что выражается колоколообразной формой кривой в «спектре» РЗЭ, нормированных по хондриту.

35. ***Биоапатиты*** представлены как современными зубами и костями (в том числе и человеческими), так и древними — захороненными в осадках и осадочных породах. Эти группы сильно различаются по составу. **Современные биоапатиты** представлены плохо окристаллизованными гидроксиапатитами, становящимися заметно карбонатными при заболеваниях (кариесе, коксоартрозе). Они, как правило, очень бедны элементами-примесями (Mn, Sr, REE, U). **Древние биоапатиты** (кости позвоночных, ихтиолиты и особенно конодонты) вследствие диагенеза намного богаче фтором и катионами-примесями, чем современные. Например, содержание РЗЭ в конодонтах может достигать или даже превышать 1000 г/т.

36. Составы ***гипергенных апатитов*** в фосфоритах чаще всего отвечают фторкарбонатапатиту — ***франколиту***. Такие повсеместно используемые показатели апатитов, как Sr/Y, La/Yb, ΣРЗЭ, соотношения ЛРЗЭ, СРЗЭ, ТРЗЭ, величина Ce- и Eu аномалий, соотношения РЗЭ с изотопным составом ассоциирующих с фосфоритами карбонатов и ОВ — сильно варьируют. Тем не менее, по составу гипергенных апатитов геологи упорно пытаются распознавать условия седиментации (в частности, топо- и гидрофации) и литогенеза (в особенности — диагенеза). По мнению уральского геолога **А. В. Маслова**, применительно к фосфоритам эти попытки недостаточно эффективны ввиду многофакторных воздействий на состав апатитов. В числе факторов называются:

— состав морской воды разных эпох, который не оставался постоянным; скорость и редокс-обстановка седиментации; содержание и состав ОВ и карбонатов, ассоциирующих с фосфоритами; диагенетические изменения, среди которых важную, или даже решающую роль играли плохо понятные микробные процессы; осложнение седиментации воздействием эндогенных гидротерм.

В общем, можно заключить, что ***диагностическое применение состава гипергенных апатитов пока что находится в процессе развития*** — необходимо найти такие показатели, которым можно было бы доверять без особых оговорок.

37. Что касается теории и практики использования апатита для термохронологии — ***по трековому методу,*** то эти материалы включены в настоящий обзор лишь «для полноты картины», поскольку к составу апатитов эти материалы отношения не имеют (разумеется, кроме данных о содержаниях в апатитах ^{238}U). Однако ***они дополняют характеристику апатита, не имеющего аналога — по разнообразию использования в качестве уникального минерала-индикатора.***

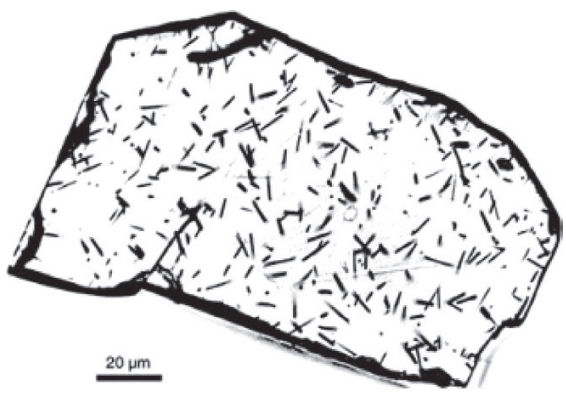


Рис. 73. Кристалл апатита с треками спонтанного деления ^{238}U,увеличенными путем химического травления [16а, с. 99]

О содержании **второй книги** [16в] дает общее представление *Аннотация* [16в, с. 2]:

«Книга состоит из Предисловия, Введения и 5 глав. Вначале объясняется замысел работы — использование выявленных ранее эмпирические закономерности в минералогии (главы 1 и 3) и геохимии фосфора (главы 2—5) для индикации геологических процессов. Исходным материалом послужили опубликованные авторами обобщения в ряде книг (1988, 1994, 2008, 2011, 2020, 2022 и др.), а также некоторые новые материалы за период 2009—2020 гг., ранее упущенные в указанных обобщениях».

К сожалению, здесь нет Общего заключения, но по каждому разделу, даны «*Краткие выводы. Возможности индикации*». Не повторяя здесь этих выводов, приведем хотя бы раздел «5.4.2. Академик Н. М. Страхов о сонахождении фосфоритов и глауконита». Сделать это

надо потому, что после развенчания академиком Лисицыным ошибочных представлений Страхова об океанском литогенезе, великие достижения Страхова по части истории литологии в нашей стране остались в тени – невостребованными современными литологами. Но историческая справедливость должна быть восстановлена [16в, с. 122–124]:

«В своей замечательной книге <...>, подводящей итог созданному им величественному учению о литогенезе[35], академик Н. М. Страхов уделил самое пристальное внимание работам по глауконите. И это вполне понятно, ибо ассоциация глауконита с фосфоритами — одна из самых ярких эмпирических закономерностей, вообще известных в геологии. На стр. 40 мы находим раздел 5. Глауконит и фосфориты и их генезис. Вначале Страхов реферирует данные Меррея и Ренара о глауконите в океане <...>:

«Глауконитовые накопления были открыты еще в 1853 г. Г. Пурталесом вдоль восточного побережья Америки. Но только авторами "Deep-sea deposits" было установлено их широкое распространение, дана подробная характеристика и сделана попытка объяснить их генезис. Глауконит был встречен «Челленджером» в большем или меньшем количестве у берегов Португалии, западных берегов Африки, восточных берегов Северной Америки, мыса Доброй Надежды, Антарктического континента, Австралии и Новой Зеландии, у берегов Филиппинских островов, Китая и Японии и у западных берегов Южной Америки. Другими экспедициями он был обнаружен также в Средиземном море, у северных берегов Шотландии, западных берегов Северной Америки, у восточных берегов Африки и во многих других районах.

Химический состав глауконита весьма изменчив. «*Не может быть сомнений*, — пишут Меррей и Ренар, — *что глауконит представляет собою смесь веществ, и этот факт не только затрудняет выявление их конституции, но делает трудной и интерпретацию его способа образования*».

«Характерно, что *«где речной вынос обломочного материала чрезвычайно велик и где, очевидно, имеет место быстрая аккумуляция, глауконит хотя и встречается, но относительно редко; с другой стороны, вдоль высоких и крутых берегов, где отсутствуют реки и где, очевидно, аккумуляция менее быстрая,*

[35] ***Страхов Н. М***. Развитие литогенетических идей в России и СССР. Критический обзор. – М.: Наука, 1971. 622 с. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 228).

Поразительно, что на эту книгу, содержащую уникальный по своей полноте обзор истории литологических исследований в нашей стране, – практически нет ссылок в нашей литературе! В отличие от трехтомника «Основы теории литогенеза» (1960, 1962), на книги которого была масса ссылок, этот грандиозный труд академика Страхова остался почти невостребованным как его современниками, так и позднейшими литологами Третьего Миллениума...

глауконит проявляется в наиболее типичной форме и в величайшем изобилии» (там же, стр. 382)».

«Отдельный параграф 4. называется «Глауконит и его генезис по исследованиям К. Д. Глинки» (с. 138—140). Оказывается, К. Д. Глинка в 1896 г. выпустил целую монографию «Глауконит, его происхождение, химический состав и характер выветривания» и пришел к ошибочному заключению о полностью терригенной природе глауконита, не заметив существования двух его разновидностей: заведомо аутигенной и переотложенной.

Следующий параграф 5 называется «Глауконит в древнейших силурийских отложениях (по В. В. Ламанскому)» [<...> с. 140—141], где разбирается работа последнего (1905) «Древнейшие слои силурийских отложений России». Ламанский пришел к выводу о незначительных глубинах, на которых мог формироваться глауконит — на коротком этапе быстрой трансгрессии «нижнесилурийского» моря.

Глава VIII в части II монографии называется «Новое в общих представлениях о древнем литогенезе в 20—30-е годы» [<...>, с. 310—342]. В ней имеется раздел «3. Частные физико-химические концепции в литологии 30-х годов». В этом разделе неприязненно разбирается статья Л. В. Пустовалова <...> о геохимических фациях («наделавшая в свое время много шуму» [<...> с. 317 и далее]). Н. М. Страхов цитирует (не указывая страницы) пустоваловское описание «глауконитовой фации»:

«4. «*Глауконитовая» фация — имеется некоторый избыток активного кислорода, недостаток органического вещества, которое все же оказывает еще заметное химическое действие и играет ... роль в процессах восстановления; постоянная борьба окислительной и восстановительной среды, так как граница между ними проходит в самыхверхних сантиметрах осадка. Накопление в осадках минералов с переменным содержанием окиси и закиси железа (глауконит и пр.); фиксация щелочных металлов (K, Li, Rb) вследствие абсорбционных явлений; образование фосфоритов.*

Примеры: Породы, заключающие глауконит и фосфорит».

Итак, по приведенным Страховым цитатам, современный читатель видит, что Л. В. Пустовалов, как и его предшественники, ясно понимал, что условия образования фосфоритов и глауконита — одни и те же (а это и есть парагенезис), что и является причиной их теснейшего парастерезиса. Очевидны ему была и пограничная природа «глауконитовой фации» — между средами окислительными и восстановительными, и по этой причине — её эфемерный, неустойчивый характер».

17. Неудачный прорыв на Запад: *Перевод «Основ литохимии» (2022, 2024)*

Хотя наша книга «Основы литохимии» (2000) была весьма востребована в российской геохимии, на Западе она оставалась неизвестной. Весьма огорчаясь этим обстоятельством, в 2022 г. я затеял перевод книги, связавшись с тюменской фирмой WorldSciPubl, возглавляемой **Марселем Алмазовичем Кадыровым**. Он заверял возможных пользователей, что фирма не только переведет статью (или книгу) на английский язык, но и (главное!) — разошлет ее по сотням адресов пользователей на Западе.

Прельстившись этим обещанием, я связался с рекомендованной Кадыровым профессиональной переводчицей **Алиной Бельдягиной**, которая (как сообщалось) ряд лет вообще подвизалась на Западе. В течение нескольких месяцев она переводила книгу главу за главой, а я корректировал её перевод (поскольку специфика геологической терминологии была ей совершенно незнакома) и регулярно переводил указанную ею сумму в адрес Кадырова. В результате к концу 2022 г. книга была полностью переведена [17а]:

17а. ***Yudovich Ya. E., Ketris M. P.*** Fundamentals of Litochemistry — Tyumen: International Publishing House «WorldSciPubl», 2022. 484 pp.

Лишь спустя 2 года я узнал, что фирма Кадырова меня «кинула», когда Алина Бельдягина сообщила мне, что фирма задолжала ей зарплату за 4 месяца… Поэтому можно было предположить, что фирма книгу и не издавала, и не рассылала. 20 августа 2024 это подтвердил в письме ко мне держатель сайта *Lithology.ru* петербуржец **Тимофей Алексеевич Ситников**. Он не обнаружил в Интернете ISBN книги и выяснил, что фирма WorldSciPubl (Тюмень, ул. 50 лет ВЛКСМ, 13, корп. 1), больше не существует…

В надежде хоть как-то поправить ситуацию, в 2024 г. я предложил файл книги петербургскому издательству «*Наукоемкие технологии*». Главный редактор издательства **Виталий Михайлович Коровин** быстро организовал выпуск книги тиражом 60 экз. и рассылку ее по 43 адресам российских библиотек [17б]:

17б. ***Ya. E. Yudovich, M. P. Ketris.*** Fundamentals of lithochemistry — Saint Petersburg: Naukoemkie technologii, 2024. 482 pp.

Поскольку все 43 библиотеки — только российские, то, к сожалению, мы не можем судить о том, стали ли «Основы литохимии» в результате петербургского издания известны на Западе или нет. Скорее всего, и вторая попытка донести до западного читателя нашу *литохимию* осталась безуспешной.

18. Жизнь окончена, но грусти нет…

— Какую жизнь можно назвать удавшейся, и соответственно, каких людей — счастливчиками?

— Очевидно, такую, в которой человеку удалось полностью реализовать свой генетический потенциал — способности, полученные при рождении от папы с мамой.

Понятно, что в нашей несчастной стране, на протяжении 20-го и нынешнего 21-го веков таких счастливчиков могли быть лишь считанные единицы…

Да и откуда им взяться, когда жизнь десятков миллионов россиян непрерывно и мучительно корежилась, уродовалась и истреблялась в страшной Империалистической войне 1914—1918, затем в ужасающей Гражданской войне 1918—1922, затем в позорной Финской войне 1939—1940, наконец в самой чудовищной Отечественной войне 1941—1945, в войне с Японией (1945), в позорных войнах в Корее (1950—1953 гг.) и Афганистане (1970—1989), а после распада СССР — в позорных чеченских войнах (1994—1996 и 1999—2009). Таковы были войны, погубившие или искалечившие миллионы молодых солдат и мирных жителей. К этому добавим истребление миллионов российских граждан Тайной полицией, которая существовала практически все 70 лет Советской власти, и никуда не делась и после нее, меняя лишь вывеску (ВЧК — ОГПУ — НКВД — МВД — МГБ — КГБ — ФСБ).

— Как в такой стране можно было уцелеть на войне, в лагере, в тюрьме, остаться не искалеченным, и вообще — даже ни разу не быть избытым?

— Очевидно, только при исключительном везении!

Таким счастливчиком оказался автор этой книги, бывший в ранней молодости (1952—1954) ярым сталинцем и секретарем школьной комсомольской организации; в студенчестве (1954—1959) веривший, как и все, в «*социализм с человеческим лицом*»; в поздние зрелые годы ставший либеральным демократом (депутатом Верховного Совета Коми АССР, 1990—1995); переживший правление Сталина, Хрущева, Брежнева, Андропова, Черненко, Горбачева, Ельцина и доживший до нынешней войны (февраль 2022—…?), в которой русскоязычные (!) украинские города стираются с лица земли полуторатонными КАБами …

* * *

Общеизвестно, что всякий человек, как правило, думает о своем неминуемом конце с ужасом. Также известно, что свой конец человек встречает в одиночку — кем бы он ни был и где бы он ни находился. Разница лишь в том, как он себя физически ощущает: умирает от болезни, мучаясь ли от невыносимых болей и мечтая только об одном — как бы *это* поскорее кончилось; или же помирает «благополучно» — относительно здоровым.

Во втором случае важно уже не отсутствие физических болей — а отсутствие страданий душевных. И для людей, у которых главным в жизни было творчество, самым важным становится ответ на вопрос: *Что я мог бы сделать — и что из этого я фактически сделал?* В традиционных терминах это всем известные понятия: **наличие или отсутствие творческого удовлетворения от прожитой жизни**.

В моем случае ответ на этот вопрос очень прост; он полностью, 1:1 совпадает с тем, что в 2007 г. можно было прочесть на задней обложке «*Записок геохимика*».: [1]:

«...Наш Институт геологии выделялся даже на фоне других преуспевающих институтов в филиалах АН: основанный крупными учеными А. А. Черновым и В. А. Варсанофьевой, он долгие годы сохранял превосходные научные традиции и отличный коллектив... Большинство сотрудников были необыкновенными трудягами, ярко одаренными и фанатично увлеченными исследователями. Чего стоил один только Николай Юшкин, сделавший в Институте головокружительную карьеру от лаборанта до профессора — директора Института — и, наконец, академика! Такая обстановка была в высшей степени благоприятной для моей научной работы.

Оценивая все сказанное, я заключаю, что моя жизнь до 70 лет и в особенности ее зрелые последние 40 лет, проведенные в Сыктывкарском Институте геологии, оказались необыкновенно удачными и счастливыми.

... Какова же главная «мораль», которую можно извлечь из всего рассказанного, и вообще — существует ли таковая?

— Да, такая мораль существует; более того — она для меня очевидна.

Моя жизнь показывает, что если взять самого что ни на есть среднего человека (т. е. такого, как я — лишенного от природы ярких, выдающихся дарований) и ничего с ним не делать, а просто дать ему возможность свободно развиваться — то такой человек может реализовать свой генетический потенциал и в итоге успеть сделать очень много!».

Остается добавить, что эти строки полностью сохраняют справедливость и осенью 2024 г., хотя теперь удалось добавить еще около двух десятков новых книг, кратко рассмотренных выше.

Сколько я еще проживу (и как именно помру), известно только древнеримским *паркам* (они же — древнегреческие *мойры*), ткущим свои *Нити Судьбы*. Когда паркам-мойрам это занятие надоедает, они разрывают свои нити, и человек помирает.

Однако — меня это не пугает, ибо очевидно, что в свои 87 лет я в науке ничего стоящего создать уже не в состоянии.

Тем не менее, мне приятно сознавать, что всё задуманное мною — исполнено, и я сделал всё, что мог.

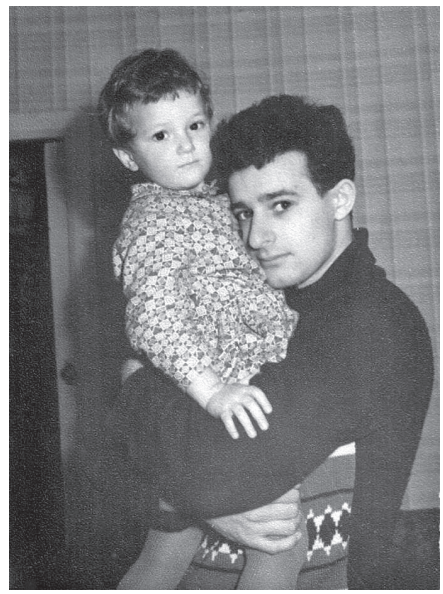


Рис. 74. В 1964 г. у автора уже была дочка Таня, но ни одной книги еще не было…

Цитированная литература

1. ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. 195 с.

2. ***Кетрис М. П., Юдович Я. Э., Хауэр Дж.*** Неорганическая геохимия углей. Аналитическая библиография, 1800—2006 гг. — Сыктывкар: Геопринт, 2008. 252 с.

3. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Минеральные индикаторы литогенеза. — Сыктывкар: Геопринт, 2008. 564 с.

4. ***Юдвич Я. Э., Кетрис М. П.*** Геохимические и минералогические индикаторы вулканогенных продуктов в осадочных толщах. — Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 412 с.

5. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). — Сыктывкар: Геопринт, 2011. 740 с.

6. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Геохимия марганца. — Сыктывкар: Геопринт, 2014. 538 с.

7. ***Юдович Я. Э. Кетрис М. П.*** Наши полвека в геохимии. — Сыктывкар: Геопринт, 2016. 190 с.

8. ***Юдович Я. Э. Кетрис М. П., Терешко В. В., Рыбина Н. В.*** Очерки литохимии Тимано-Уральского региона. — Сыктывкар: Геопринт, 2016. 236 с.

9. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Рыбина Н. В.*** Геохимия титана. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. 436 с

10. ***Юдович Я. Э., КетрисМ. П., Рыбина Н. В.*** Геохимия фосфора. — Сыктывкар: Геопринт, 2020. 512 с.

11а. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Первая. Открытия и находки, прозрения и разочарования. — Сыктывкар: Геопринт, 2015. 480 с.

11б. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Вторая. Геологическое поле. — Сыктывкар: Геопринт, 2015. 376 с.

11в. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Третья. Советская геология. — Сыктывкар: Геопринт, 2014. 336 с.

11г. ***Юдович Я. Э. Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Четвертая: дополнительная.– Сыктывкар: Геопринт, 2016. 568 с.

11д. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Пятая: Ленинградская. — Сыктывкар: Геопринт, 2023. 360 с.

12а. ***Юдович Я. Э.*** Избранная научная переписка.– Сыктывкар: ООО Коми республиканская типография. 2017. 572 с.

12б. ***Юдович Я. Э.*** Интересные письма.– Сыктывкар: ООО Коми республиканская типография. 2019. 332 с.

13. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Альтернативная литохимия рифтогенных терригенных пород. — Сыктывкар: Геопринт, 2020. 128 с.

14а. ***Юдович Я. Э.*** Тернистый путь соискателей: Отзывы на диссертации. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2021. 344 с

14б. ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.*** Интересные отзывы. — Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2024. 368 с.

15а. **Московский математик Эммануил Шноль**. / Сост. Я. Э. Юдович, Е. А. Ермакова. — Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2022. 292 с.

15б. **Российский ученый Симон Шноль и его герои** / Сост. Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. — Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2023. 524 с.

17а. ***Yudovich Ya. E., Ketris M. P.*** Fundamentals of Litochemistry — Tyumen: International Publishing House «WorldSciPubl», 2022. 484 pp.

17б. ***Ya. E. Yudovich, M. P. Ketris.*** Fundamentals of lithochemistry — Saint Petersburg: Naukoemkie technologii, 2024. 482 pp.

Приложение 1

Наша Библиография по геохимии углеродистых биолитов – углей и черных сланцев

Угли

1А. Книги и брошюры

Юдович Я. Э. Геохимия угольных включений в осадочных породах. – Л.: Наука, 1972. 84 с.

Юдович Я. Э. Геохимия ископаемых углей. (Неорганические компоненты). — Л.: Наука, 1978. 262 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Мерц А. В. Элементы-примеси в ископаемых углях. — Л.: Наука, 1985. 239 с.

Юдович Я. Э. Грамм дороже тонны: Редкие элементы в углях. — М.: Наука, 1989. 160 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Уран в углях. — Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2001. 84 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Неорганическое вещество углей. — Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 422 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Неорганическая геохимия угля: аспекты теории. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. 56 с. (Программы фундаментальных исследований Российской академии наук. Отчетная серия. Вып. 3).

Юдович Я. Э., Волостнов А. В., Кетрис М. П., Рихванов Л. П. Торий в углях. — Томск: Тандем-Арт, 2004.44 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Ванадий в углях. — Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2004. 96 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Германий в углях. — Сыктывкар: УрО РАН, 2004. 204 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Мышьяк в углях. — Сыктывкар: Геопринт, 2004. 107 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Селен в углях. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. 68 с. (Программы фундаментальных исследований Российской академии наук. Отчетная серия. Вып. 1 (33).

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. — Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 655 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Ценные элементы-примеси в углях. — Екатеринбург: Наука, 2006. 538 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Ртуть в углях. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2007. 96 с. (Отчетная серия, № 1(50)).

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Экологическая геохимия углей. — Сыктывкар: Геопринт, 2008, 60 с. (Программы фундаментальных исследований Российской академии наук. Отчетная серия. Вып. 5 (67)).

Кетрис М. П., Юдович Я. Э., Хауэр Дж. Неорганическая геохимия углей. Аналитическая библиография, 1800—2006 гг. — Сыктывкар: Геопринт, 2008. 252 с.

1Б. Статьи

Юдович Я. Э. О распределении зольности в углях // Вестник МГУ, 1964. Сер. IV. № 3. С. 101—104.

Юдович Я. Э. Распределение элементов в вертикальном профиле угольных пластов // Материалы к IX Совещанию работников лабораторий геологических организаций. Вып. 7. Л.: 1965. С. 134—142.

Юдович Я. Э., Шасткевич Ю. Г. Зольность углей и содержание в них редких элементов // Изв. высш. учебн. завед. Геология и разведка, 1966. № 9. С. 68—76.

Юдович Я. Э. К вопросу о роли петрографических компонентов угля в концентрировании элементов-примесей (обзор) // Изв. АН СССР. Сер. геол, 1967. № 7. С. 92—103.

Юдович Я. Э. Вопросы геохимии угольных включений (на примере Приякутского района Ленского угленосного бассейна) // Литол. и полез. ископ, 1968. № 5. С. 52—67.

Юдович Я. Э. Геохимические ассоциации типоморфных элементов-примесей в углях и связанные с ними генетические проблемы // Тектоника, стратиграфия и литология осадочных формаций Якутии. Якутск, 1968. С. 204—218.

Юдович Я. Э. О распределении зольности в каменных углях Алмазно-Марьевского района Донецкого бассейна // Литол. и полез. ископ, 1969. № 2. С. 114—124.

Золотова В. В., ***Юдович Я. Э.****, Корельский В. П., Степанов Ю. В.* Сульфидная минерализация в угольных пластах Печорского бассейна // Материалы IV Коми республиканской молодежной науч. конф. — Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1970. С. 202—203.

Гипш А. А., Капатурин Г. Г., ***Юдович Я. Э.*** Некоторые вопросы распределения и генезиса радиоактивности в углях Печорского бассейна // Изв. высш. учебн. завед. Геол. и разведка, 1971. № 6. С. 61—70.

Юдович Я. Э., Корычева А. А., Гольдберг Ю. И. Геохимические особенности углефицированной древесины // Литол. и полез. ископ, 1971. № 6. С. 53—63.

Корельский В. П., Кыштымова Л. Т., Степанов Ю. В., ***Юдович Я. Э.*** Скопление минерализованных пней деревьев-углеобразователей в пласте i4 Вор-

кутского месторождения // Матер. по геол. и полез. ископ. Сев.-Востока европ. части СССР. Вып. 7. — Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1972. С. 270—275.

Юдович Я. Э., Корычева А. А., Обручников А. С., Степанов Ю. В. Средние содержания элементов-примесей в ископаемых углях // Геохимия, 1972. № 8. С. 1023—1031.

Юдович Я. Э., Степанов Ю. В., Юдина М. А. Геохимия угольных включений в верхнепермских отложениях Средней Печоры // Геохимия осадочных формаций и подземных вод Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. — Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1972. С. 55—72. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 12).

Юдович Я. Э., Закруткин В. Е., Степанов Ю. В. Особенности геохимии нижнекарбоновых углей Южного Тимана в связи с парагенезисом углей и бокситов // Первая республ. научно-техн. конф.: Тез. докл. — Воркута, 1973. С. 60—61.

Юдович Я. Э., Капатурин Г. Г., Юдина М. А., Фридлендер Н. Г. Об одной особенности кларковой радиоактивности угленосных толщ // Первая республ. научно-техн. конф.: Тез. докл. — Воркута, 1973. С. 57—59.

Юдович Я. Э., Корельский В. П., Юдина М. А., Капатурин Г. Г. О составе углефицированного древесного ствола из верхнепермских пестроцветов района Средней Печоры // Первая республ. научно-техн. конф. Тез. докл. — Воркута, 1973. С. 65—67.

Юдович Я. Э., Степанов Ю. В., Юдина М. А. Особенности химического состава угольных включений как отражение отличия в составе вмещающих пород // Геол. и полез. ископ. Сев.-Вост. европ. части СССР и Севера Урала. Т. 2: Тр. VII Геол. конф. Коми АССР. (Сыктывкар: 8—11 апр, 1969 г.). — Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1973. С. 270—276.

Рязанов И. В., ***Юдович Я. Э.*** К диффузионной теории редкометального обогащения контактных зон угольных пластов // Литол. и полез. ископ, 1974. № 4. С. 64—75.

Рязанов И. В., ***Юдович Я. Э.*** К теории связи содержаний элементов-примесей в углях с зольностью углей // Литол. и полез. ископ., 1974. № 6. С. 53—67.

Юдович Я. Э. Особенности генезиса терригенной толщи нижнего карбона Тимано-Уральской области // Геол. и полез. ископ. Сев.-Вост. европ. части СССР: Ежегодник-1973 Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. — Сыктывкар, 1974. С. 34—41.

Юдович Я. Э., Корельский В. П., Кыштымова Л. Т., Степанов Ю. В. Особенности химического состава минерализованных ископаемых пней из угольного пласта i4 Печорского бассейна // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1974, № 11. С. 112—116.

Рязанов И. В., ***Юдович Я. Э.*** О механизме и длительности процессов редкометального обогащения угольных включений в осадочных породах // Литол. и полез. ископ, 1975. № 3. С. 128—140.

Юдович Я. Э. Геохимические особенности нижнекарбоновых углей Тимано-Уральского региона // Тез. докл. VIII Междунар. конгр. по стратигр. и геол. карбона. — М.: Наука, 1975. С. 374—375.

Юдович Я. Э. Основные закономерности в геохимии ископаемых углей // Литология и рудогенез осадочных толщ Европейского Северо-Востока СССР: Тр. IX Геол. конф. Коми АССР. 3. — Сыктывкар, 1982. С. 41—45.

Юдович Я. Э., Куклев В. П., Тарбаева Е. П., Васильева Л. Ф., Степанов Ю. В., Романович В. В. К петрографии и геохимии угольных включений // Литология, угленосность и рудогенез осадочных толщ европейского северо-востока СССР: Тр. X геол. конф. Коми АССР. — Сыктывкар, 1987. С. 73—75.

Юдович Я. Э., Золотова В. В. Элементы-примеси в углях Печорского бассейна // Народн. хоз-во Республики Коми, 1994. Т. 3, № 1. С. 16—25.

Юдович Я. Э. Модальное и виртуальное в геохимии и минералогии // Матер. II Междунар. минералогич. семинара. — Сыктывкар: Ин-т геол. Коми НЦ УрО Российской АН, 1999. С. 30—32.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Биогенная зола углей // Минералогия и жизнь: биоминеральные гомологии. — Сыктывкар: Геопринт, 2000. С. 184—186.

Юдович Я. Э. Типоморфные элементы угля: новое понимание // Вестник Ин-та геологии, 2001. Февраль, № 2 (74). С. 11—13.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Микроминералогия углей // Некристаллическое состояние твердого минерального вещества: Матер. к Междунар. минералогич. семинару (Сыктывкар, Республика Коми, Россия: 19—21 июня 2001 г.). — Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 178—184.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Эмпирические закономерности в минералогии углей (обзор) // Сыктывкарский минералогический сборник № 31. — Сыктывкар, 2001. С. 4—35. (Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН; Вып. 109).

Кетрис М. П., Юдович Я. Э. методика расчета угольных кларков // Литогенез и геохимия осадочных формаций Тимано-Уральского региона. № 4. — Сыктывкар, 2002. С. 111—117. (Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО Российской АН. Вып. 111).

Yudovich Ya. E. Coal inclusions in sedimentary rocks: a geochemical phenomenon. A review // Int. J. Coal. Geol., 2003, vol. 56. P. 203—222.

Yudovich Ya. E. Notes on the marginal enrichment of Germanium in coal beds // Int. J. Coal. Geol., 2003, vol. 56. P. 223—232.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. О форме нахождения бора, фтора и фосфора в углях // Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб. Вып. 15. — Екатеринбург: Уральский гос. горн. ун-т, 2005. С. 187—198.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Новые оценки кларков токсичных элементов-примесей в углях // Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб. Вып. 15. — Екатеринбург: Уральский гос. горн. ун-т, 2005. С. 176—186.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Козырева И. В. Кларки лантаноидов в углях // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2005. Октябрь, № 10 (130). С. 13—16.

Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Arsenic in coal: a review // Int. J. Coal. Geol., 2005, vol. 61. P. 141—196.

Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Mercury in coal: a review. Pt. 1 // Int. J. Coal. Geol., 2005, vol. 62, No. 3. P. 107—134.

Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Mercury in coal: a review. Pt. 2 // Int. J. Coal. Geol., 2005, vol. 62, No. 3. P. 135—165.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Новый вклад в геохимию углей // Осадочные процессы: седиментогенез, литогенез, рудогенез (эволюция, типизация, диагностика, моделирование): Матер. 4-го Всерос. литол. совещ. (Москва, 7—9 ноября 2006 г.). Т. 2. — М.: ГЕОС, 2006. С. 72—75.

Юдович Я. Э. Я. М. Черноусов — первооткрыватель феномена неравномерной углефикации // Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб. Вып. 16. — Екатеринбург: Уральский гос. горн. ун-т, 2006. С. 18—21.

Yudovich, Ya. E., Ketris M. P. Selenium in coal: a review // Int. J. Coal. Geol., 2006, vol. 67, No. 1—2. P. 112—126.

Yudovich, Ya. E., Ketris M. P. Chlorine in coal: a review // Int. J. Coal. Geol., 2006, vol. 67, No. 1—2. P. 127—144.

Кетрис М. П., Юдович Я. Э. Новые оценки кларков элементов-примесей в углях // Литогенез и геохимия осадочных формаций Тимано-Уральского региона. № 6. — Сыктывкар, 2007. С. 104—111 (Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 121).

Ketris M. P., Yudovich Ya. E. New estimations of coal Clarkes: World averages for trace element contents in coal // Coal Geology Research Progress. Ed. Michel T., Furnier H. — Nova Science Publ., Inc., 2008, p. 37—49.

Ketris M. P., Yudovich Ya. E. Estimations of Clarkes for carbonaceous biolithes: world averages for trace element contents in black shales and coals // Int. J. Coal. Geol., 2009, vol. 78, № 2. P. 135—148. doi: 10.10.16/j. coal.2009.01.002

Yudovich Ya. E., Ketris M. P. [Chapter] 3. Geochemistry of Coal. Occurrences and Environmental Impacts of Trace Elements // Coal Production and Processing Technology. — Boka Raton: CRC Press, 2015. P. 48—73.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Ртуть в углях — серьезная экологическая проблема // Биосфера, 2009, т. 1, № 2, с. 41—52.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Фтор в углях. Обзор // Биосфера, 2010. Т. 2. № 1. С. 59—72.

Юдович Я. Э. Нетопливное использование угля // Уральский геологический журнал, 2016. № 3 (111). С. 83—94.

Юдович Я. Э. Новая монография о «зеленой» технологии добычи угля // УГЖ, 2021, № 1 (139). С. 16—23.

2. Черные сланцы

2А. Книги

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия черных сланцев. — Л.: Наука, 1988. 272 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Элементы-примеси в черных сланцах. — Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. 304 с.

Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Geochemistry of Black Shales. 1. Outline. 2. Bibliography and Index. — Syktyvkar: Prolog, 1997. 212 pp.

Юдович Я. Э., Беляев А. А., Кетрис М. П. Геохимия и рудогенез черносланцевых формаций Пай-Хоя. — СПб: Наука, 1998. 366 с.

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.

Юдович Я. Э. Горючие сланцы Республики Коми. Проблемы освоения. — Сыктывкар: Геопринт, 2013. 89 с.

2Б. Статьи

Юдович Я. Э. Пай-Хойский геохимический феномен (горизонт визейских известняков, обогащенных Sr и Ba) // Геол. и полез. ископ. Северо-Востока европ. части СССР. — Сыктывкар, 1978. С. 21—26. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 27).

Блисковский В. З., ***Юдович Я. Э.*** О составе фосфоритовых конкреций из карбона хребта Пай-Хой // Промышленность горно-химического сырья: Научно-техн. реферативн. сб. Вып. 1. — М.: НИИТЭХИМ, 1979. С. 1—4.

Юдович Я. Э., Юдина А. Б., Тимонин Н. И., Павлов Л. П. Новые данные о проявлениях барита и серного колчедана в среднедевонских отложениях Пай-Хоя // Литология и геохимия палеозойских формаций севера Урала и Пай-Хоя. — Сыктывкар, 1979. С. 43—54. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 28).

Юдович Я. Э., Беляев А. А., Кетрис М. П. Геохимия, минералогия и рудогенез марганца в черносланцевых отложениях Пай-Хоя // Рудообразование на Тимане и Севере Урала. — Сыктывкар, 1981. С. 54—72.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Селен в черных сланцах Пай-Хоя // Геохимия, 1984. № 11. С. 1767—1774.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Мерц А. В., Беляев А. А. Петрохимическая диагностика вулканогенных продуктов в черносланцевых отложениях Пай-Хоя // Геохимия, 1984. № 6. С. 868—882.

Юдович Я. Э., Суханов Н. В. Изотопно-аномальные карбонаты в палеозойских черных сланцах Пай-Хоя // Докл. АН СССР, 1984. Т. 275, № 2. С. 445—449.

Юдович Я. Э., Иванова Т. И. Бор в черных сланцах Пай-Хоя // Осадочные палеозойские формации Пай-Хоя. — Сыктывкар, 1986. С. 64—73. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 56).

Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Фридлендер Н. Г., Алданазаров Р. А. Геохимия ртути в черносланцевых формациях Пай-Хоя и Севера Урала // Геохимия, 1986. № 6. С. 810—818.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Шулепова А. Н., Лавренко Н. С. Геохимическая диагностика вулканогенного материала в черносланцевых отложениях Лемвинской зоны Урала // Геохимия, 1986. № 10. С. 1464—1476.

Юдович Я. Э., Красавина Т. Н., Беляев А. А. Органическое вещество черных сланцев Пай-Хоя и Севера Урала // Горюч. сланцы, 1986. Т. 3, № 2. С. 143—155.

Юдович Я. Э., Шулепова А. Н., Беляев А. А. Каолинитовые породы в черносланцевой кремнистой толще D3—C1 Лемвинской зоны Полярного Урала // Докл. АН СССР, 1986. Т. 187, № 4. С. 947—951.

Беляев А. А., Семенов Г. Ф., ***Юдович Я. Э.*** Баритопроявление в нижнекаменноугольных отложениях на Полярном Урале // Литология, угленосность и рудогенез осадочных толщ европейского северо-востока СССР: Тр. X геол. конф. Коми АССР. — Сыктывкар, 1987. С. 132—133.

Юдович Я. Э. Геохимия осадочных палеозойских формаций сланцевой зоны Пай-Хоя // Литология, угленосность и рудогенез осадочных толщ европейского северо-востока СССР: Тр. X геол. конф. Коми АССР. — Сыктывкар, 1987.С. 18—24.

Юдович Я. Э., Антошкина А. И., Филиппов В. Н., Суханов Н. В. Минералогия и генезис карбонатных мегаконкреций в силурийских черных сланцах Полярного Урала // Минералогия рудоносных территорий Европейского Северо-Востока СССР. — Сыктывкар, 1987. С. 91—101. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 58).

Юдович Я. Э., Беляев А. А., Рогов В. С. Верхнепалеозойский уровень марганценосности Уральской складчатой системы // Докл. АН СССР, 1987. Т. 292, № 4. С. 952—956.

Юдович Я. Э. Аномальное облегчение изотопного состава органического углерода в древних черных сланцах // Горюч. сланцы, 1988. Т. 5, № 2. С. 147—151.

Юдович Я. Э., Макарихин В. В., Медведев П. В., Суханов Н. В. Изотопно-аномальный карбонатный углерод в Карельском комплексе // Тез. докл. рабоч. семин. «Физико-химические обстановки карбонатонакопления в докембрии в связи с эволюцией состава атмосферы и гидросферы». (Апатиты: 17—19 янв, 1989 г.). — Мурманск: Кольский фил. АН СССР, 1988. С. 77—79.

Вески Р. Э., ***Юдович Я. Э.,*** *Сидорова С. М., Тааль Х. А., Побуль Л. Я.* Исследование черных сланцев Пай-Хоя // Горюч. сланцы, 1990. Т. 7, № 2. С. 97—104.

Мерц А. В., ***Юдович Я. Э., Кетрис М. П.,*** *Штейнер В. Л.* К геохимии ухтинского доманика // Горюч. сланцы, 1990. Т. 7, № 3. С. 218—230.

Юдович Я. Э. Геохимические функции биоорганического вещества биосферы (применительно к черным сланцам) // Горюч. сланцы, 1990. Т. 7, № 3—4. С. 245—252.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Концентрационная функция морских гидробионтов: роль в геохимии черных сланцев // Геохимия, 1990. № 4. С. 483—494.

Юдович Я. Э., Макарихин В. В., Медведев П. В., Суханов Н. В. Изотопные аномалии углерода в карбонатах карельского комплекса // Геохимия, 1990. № 7. С. 972—978.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Черные сланцы и нафтогенез. Обзор // Горюч. сланцы, 1993. Т. 10, № 2—3. С. 221—236.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Шулепова А. Н. Спессартиновые сланцы в щекурьинской свите на восточном склоне Приполярного Урала // Литология и геохимия осадочных формаций Тимано-Уральского региона. — Сыктывкар, 1998. С. 114—125. (Тр. Ин-та геол. Коми науч. центра УрО РАН. Вып. 95).

Юдович Я. Э. Металлоносность черных сланцев и синхронный вулканизм // Модели вулканогенно-осадочных рудообразующих систем. — СПб, 1999. С. 73—74.

Юдович Я. Э. Проблемы типизации чёрных сланцев // Известия секции наук о Земле РАЕН, 2002. Вып. 8. С. 159—162.

Кетрис М. П., Лебедева Г. В., Юдович Я. Э. геохимия эоценовых черных сланцев Средней Азии // Литогенез и геохимия осадочных формаций Тимано-Уральского региона. № 6. — Сыктывкар, 2007. С. 112—123 (Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 121).

Юдович Я. Э. Черные сланцы в рудогенезе золота: ресурс или барьер? // Уральский геологический журнал, 2009, № 6 (72). С. 3—11.

Юдович Я. Э. Сланцевая нефть и сланцевый газ // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2015. № 12 (252). С. 39—41.

Юдович Я. Э. Ресурсы элементов-примесей в черносланцевых толщах Пай-Хоя // Уральский геологический журнал, 2016. № 5 (113). С. 23—32.

Юдович Я. Э. Вопросы геохимии металлоносных битумов (U, V, Au). Обзор // Уральский геологический журнал, 2017, № 5 (119). С. 54—72.

Приложение 2

Список опубликованных околонаучных, ненаучных и антинаучных сочинений ЭЮЯ, 1996—2024

1996

Диабаз // Впервые опубликовано в самопальном журнале воркутинского геолога В. С. Озерова «ЗКУ» (Золотоносные конгломераты Урала») 19 октября 1996 г.

Перепечатано в сборнике: Не ждите нас, жаркие страны. Литературный сборник. — Сыктывкар: Милета, 2001. С. 13—15.

1997

Катагенез. *(Ода)* // Прервана точкой строка: Литературно-художественный сборник. — Сыктывкар: Народный дом, 1997. С. 24—26.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 142.

Утро дальнего маршрута // Прервана точкой строка: Литературно-художественный сборник. — Сыктывкар: Народный дом, 1997. С. 26—27.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 76.

Заседание специализированного Ученого Совета ***(сокращенный протокол)*** // Вестник Ин-та геологии, 1995, февраль. № 2 (2). С. 7—9.

Перепечатано в сборнике: Не ждите нас, жаркие страны: Литературный сборник. — Сыктывкар: Милета, 2001. С. 7—13.

Перепечатано в специальном выпуске Вестника Института геологии — «Избранное из 156 номеров». 2008, март, с. 2—4.

Статья в «Доклады» // Прервана точкой строка: Литературно-художественный сборник. — Сыктывкар: Народный дом, 1997. С. 28—32.

Гусь // Прервана точкой строка: Литературно-художественный сборник. — Сыктывкар: Народный дом, 1997. С. 32—34.

1999

Устройство мира // Золотоносные конгломераты Урала, 1999, № 3, февраль. С. 5—9.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 83—86.

Перепечатано в книге: Пусть россыпями стелются года: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2011. С. 195—203.

2001

Спасение на водах ***(три эпизода из жизни геолога)*** // Не ждите нас, жаркие страны: Литературный сборник. — Сыктывкар: Милета, 2001. С. 15—21.

Впервые опубликовано в «Вестнике Института геологии», 2000, август, № 8 (68). С. 22—24.

Частично перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 110, 143—145.

За шахматной доской // Демин Владимир Николаевич: Страницы воспоминаний. — Сыктывкар: Коми науч. центр УрО Российской АН, 2001. С. 88—91.

2002

Действие проникающей радиации на фертильные бутоны бобов русских черных с элиминированной надземной массой // Вестник Ин-та биологии Коми НЦ УрО Российской АН, 2002. Март, № 3 (53). С. 26.

Как я делал карту (*Документальная повесть с предисловием и послесловием)* // Дорога с грустным перекрестком: Литературный сборник. — Сыктывкар: [Самиздат], 2002. С. 24—29.

Впервые опубликовано в самопальном журнале воркутинского геолога В. С. Озерова «ЗКУ» (Золотоносные конгломераты Урала»), в 1998 г. В дальнейшем перепечатывалось еще дважды: в Коми республиканской газете «Красное знамя» и в «Вестнике Института геологии» (1998, № 3 (39). С. 22—24).

Ода к ***75-летию Адриана Владимировича Македонова.*** *(Май-1984)* // Дорога с грустным перекрестком: Лит. сборник. — Сыктывкар: [Самиздат], 2002. С. 29—30.

Перепечатано в статье: Воркутский Сократ // Литология и геология горючих ископаемых: Межвузовский научный тематический сборник. Вып. III (19). — Екатеринбург: Уральск. гос. горн. ун-т, 2009. С. 296—303.

2003

Иван // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 4—14.

Впервые опубликовано в трех номерах республиканской газеты «Молодежь Якутии» (№№ 81, 82, 83) за июль 1963 г. (вероятно, 7—9 июля?).

Перепечатано в журнале «Тиетта» Геологического ин-та Кольского научного центра, 2009, № 10, с. 105—110.

Маленькие человечки ***(Сказка с элементами откровенного плагиата)*** // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 14—17.

Впервые опубликовано в стенной газете Ин-та геологии Коми фил. АН СССР в 1970-е годы.

Альтернатива ***(Отрывки из ненаписанной повести)*** // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 17—20.

В маршруте // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 20—27.

Прорыв на Лену // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003 С. 27—31.

Перепечатано в журнале «Наш современник», 2005, № 11, с. 154—157, с получением авторского гонорара в размере 261 руб. 00 коп.

Перепечатано в журнале: *Горный журнал: Литературный альманах. Специальный выпуск «Моим Северам»*. — М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2008, с.6—7

Конец сезона // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 31—34.

Перепечатано в книге: «Сыктывкар: Литературный альманах». — Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 2003. С. 67—68.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 177.

Перепечатано в журнале: «*Горный журнал: Литературный альманах. Специальный выпуск «Моим Северам»*. — М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2008. С. 8.

…Оставляем мы сердца частицу // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 34—39.

Перепечатано в книге: «Сыктывкар: Литературный альманах». — Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 2003. С. 69—72.

Перепечатано в журнале: «*Горный журнал: Литературный альманах. Специальный выпуск «Моим Северам*». — М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2008. С.4—6.

Голодовка // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 39—40.

Ходьба на лыжах: объективный анализ общественного зла // Уезжают друзья с северов: Литературный сборник. — Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 41—44.

Впервые опубликовано в Коми республиканской газете «Молодежь Севера» за 17 февраля 1974 г. под придуманным редакцией заголовком «Они и мы». Затем перепечатано в «Вестнике Института геологии» (март 2000, № 3 (63). С. 20—21). По сообщению И. И. Кондратовича, публичной читкой этого сочинизма он развлекал в Апатитах членов Сборной команды СССР по лыжам (скромно умолчав об авторстве).

2004

Враг не дремлет. Фантастически-документальная повесть с приложением // Был у меня хороший друг. — Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 125—167.

Перепечатано в Уральском геологическом журнале, 2010, № 1(73), с. 90—116.

Трансформисты и магматисты. (Стремительная историческая пиеса в нескольких действиях) // Был у меня хороший друг: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 168—189.

Перепечатано в Уральском геологическом журнале, 2008, № 6(66), с. 98—109.

2005

ДАН, комната 301 ***(Роберту Шекли посвящается)*** // Полное собрание разлук: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 54—58.

Впервые опубликовано в «Вестнике Института геологии», 2001, август, № 8 (80), с. 35—36.

Умненький и Гениальненький // Полное собрание разлук: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 58—60.

Написано для стенной газеты Ин-та геологии Коми фил. АН СССР весной 1974 г., как бы от лица аспиранта Андрея Мизина.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 82—83.

Будни зава // Полное собрание разлук: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 61—62.

Впервые опубликовано в стенной газете Ин-та геологии в марте 1978 г.

Из истории Отдела радиобиологии ***или Портрет Консультанта в Исторической Перспективе*** // Полное собрание разлук: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 63—69.

Впервые опубликовано в «Вестнике Института биологии Коми НЦ УрО РАН», декабрь 2002 г. № 12 (62). С. 30—32.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 79—82.

Новый лаборант. ***Детективная повесть в двух частях*** // Полное собрание разлук: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 69—72.

Написано для стенной газеты Ин-та геологии Коми ФАН СССР в марте 1982 г. Увенчано Почетным дипломом на конкурсе, объявленном редколлегией, как одно из *Выдающихся Произведений* стенной печати.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 67—69.

ОМЗ // Полное собрание разлук: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 72—73.

Впервые опубликовано в в стенной газете Института геологии Коми Фил. АН СССР в марте 1978 г

Женщины в моей жизни: 21-й век *(Полевые заметки сильно подержанного геолога)* // Полное собрание разлук: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 73—79.

Впервые опубликовано в «Вестнике Института геологии», 2002, № 9 (93), с. 38—40.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 174—177.

Феномен Шулеповой / Анна Николаевна Шулепова. — Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 20—28.

2006

Незнакомый Молин / С. В. Лыюров, Г. П. Канев. Владимир Афанасьевич Молин. — Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 33—36.

Юрий Васильевич Степанов. — Сыктывкар: Геопринт, 2006. 115 с.

Прощание с Учителем // Прекрасная и черная работа: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2006,с. 283—289

Впервые опубликовано в «Вестнике Ин-та геологии, 2000. Октябрь. № 10 (70). С. 32—34.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 86—89.

Штрихи к портрету Свободного Человека // Прекрасная и черная работа: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 306—309.

Впервые опубликовано в газете «Вечерний Сыктывкар» 24 января 1991 г.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 77—79.

Якутские зарисовки // Прекрасная и черная работа: Литературный альманах. — Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 49—56.

Перепечатано в книге: ***Юдович Я. Э.*** Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 103—108.

2007

Записки геохимика. — Сыктывкар: Геопринт, 2007. 195 с.

2008

«Есть истинные ценности»: 37 лет в одном Институте с М. В. Фишманом // Уральский геологический журнал, 2008, № 5. С. 74—78.

Перепечатано в книге: «Марк Вениаминович Фишман: воин, ученый, человек. — Сыктывкар: Геопринт, 2011. С. 42—57.

2011

За что Бог покарал Содом и Гоморру. Мнение геологов // Уральский геологический журнал, 2011, № 1(79). С. 46—53.

Валерьяныч // Вестник Ин-та геологии, 2011. Июнь,№ 6 (198). С. 39.

Перечитывая Сергея Мейена // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2011, август, № 8 (200). С. 29—31.

Живой Дарвин // Актуальные проблемы биологии и экологии. — СПб: Лесотех. академия, 2011. С. 403—424.

Чувство обиды как двигатель научного прогресса // Уральский геологический журнал, 2011, № 5 (83). С. 19—25.

«Дизайнер» Саша / А. А. Ивлев, В. А. Салдин, И. С. Астахова. Александр Анатольевич Беляев. — Сыктывкар: Геопринт, 2011. С. 26—30.

«Если друг оказался вдруг...». Об одном эпизоде из жизни Саши Беляева / А. А. Ивлев, В. А. Салдин, И. С. Астахова. Александр Анатольевич Беляев. — Сыктывкар: Геопринт, 2011. С. 33—35.

2012

Беллетристика от ЭЮЯ. — Сыктывкар: Геопринт, 2012. 336 с.

ЭЮЯ в Вестнике. — Сыктывкар: Геопринт, 2012. 172 с.

Отчет по НИР // Тиетта, 2011, № 18. С. 93—94.

Юшкин Благоносящий // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2012, сентябрь, № 9(213). С. 17.

Тайна следствия: секс миллиард лет назад // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2012, декабрь, № 12 (216). С. 45—46.

2013

Послесловие. Документ советской цивилизации: рабочие дневники геолога-четвертичника Эммы Ивановны Лосевой за 1961—1980 гг. / Э. И. Лосева. Год за годом: Рабочие записи за 1961—1980 гг. — Сыктывкар: Геопринт, 2013. С. 128—141.

Живой Ломоносов // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2013, май, № 5 (221). С. 19—23.

2014

Умер Владимир Середин // Науки о Земле: Международный научно-технический и производственный журнал. 2014, № 1/2. С. 108—111.

2015

Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Первая. Открытия и находки, прозрения и разочарования. — Сыктывкар: Геопринт, 2015. 480 с.

Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Вторая. Геологическое поле. — Сыктывкар: Геопринт, 2015. 376 с.

Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Третья. Советская геология. — Сыктывкар: Геопринт, 2014. 336 с.

Памятник нашей геологии // Уральский геологический журнал, 2015. № 2 (104). С. 69—71.

Краткий Покровский // Уральский геологический журнал, 2015. № 3 (105). С. 83—95.

Сонет по случаю увольнения академика Э. М. Галимова // Уральский геологический журнал, 2015. № 4 (106). С. 68.

Маркс… Карл Маркс // Уральский краеведческий журнал, 2015. № 25. С. 4—16.

Разгневанный Вернадский // Уральский геологический журнал, 2015. № 6 (108). С. 60—71.

2016

Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Четвертая: дополнительная.– Сыктывкар: Геопринт, 2016. 568 с.

Наука в РАН еще жива? // Тиетта, 2016, № 38. С. 8—12.

Истребление крестьянства родной советской властью // http://komikz. ru/news/culture/?id=15679

45 лет с Юшкиным: моя юшкиниана // Николай Павлович Юшкин (к 80-летию со дня рождения) — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. С. 89—101.

2017

Избранная научная переписка. – Сыктывкар: ООО Коми республиканская типография. 2017. 572 с.

Стоит ли молодому человеку заниматься наукой? // Уральский геологический журнал, 2017, № 6 (120). С. 63—77.

Перепечатано в журнале «Природа», 2024. № 1.

2018

Сыктывкарский геолог Эмма Ивановна Лосева. Редакторы-составители Э. А. Савельева, Е. С. Холопова, Я. Э. Юдович. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. 164 с.

Забывчивость или ревность? О двух эмпирических закономерностях в геологии фосфоритов // // Уральский геологический журнал, 2018, № 6 (126). С. 30—33.

«В гражданскую войну в Сибири был Царь-геолог» // Республика, 31 марта, 2018.

2019

Беллетристика от ЭЮЯ. Изд. 2-е, дополненное. — Сыктывкар: Геопринт, 2019. 432 с.

Интересные письма. — Сыктывкар: ООО Коми республиканская типография. 2019. 332 с.

2021

Тернистый путь соискателей: Отзывы на диссертации. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2021. 344 с.

Кожара В. Л. Основы классиологии. — Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2021. 488 с. (Я. Э. Юдович — редактор и издатель этой книги).

2022

Московский математик Эммануил Шноль. / Сост. Я. Э. Юдович, Е. А. Ермакова. — Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2022. 292 с.

В жизни раз бывает… 85 лет // Уральский геологический журнал, 2022, № 3 (147). С. 61—110.

2023

Российские геологи рассказывают о себе. Тексты с комментариями. Книга Пятая: Ленинградская. — Сыктывкар: Геопринт, 2023. 360 с.

Российский ученый Симон Шноль и его герои / Сост. Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. — Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2023. 524 с.

2024

Интересные отзывы. — Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2024. 368 с.

Далеко не новая метафизика от геолога-геохимика // Уральский геологический журнал, 2024, № 3 (159). С. 12—31.

Пять книг — памятник советской геологии // Природа, 2024, № 10. С. 00—00.

***ВсемирГео*, или опыт 65-летних занятий геохимией осадочных пород** // Природа, 2025, № 2. С. 00—00.

Указатель имен

Андропов 150
Астахов А. С. 64, 66
Асхабов А. М. 128
Афанасьева И. М. 39
Афанасьева Т. А. 69

Батурин Г. Н. 17, 18, 59, 96
Белоусова Е. А. 138, 140
Бельдягина А. 148
Бердяев Н. А. 5
Беус А. А. 143
Бирнбаум С. (Birnbaum S.J.) 18
Блюменфельд Л. А. 134
Брежнев 150
Бурдельная Н. С. 128
Бурцев И. Н. 128
Бутузова Г. Ю. 33
Бушнев Д. А. 128
Бьюкенен Дж. (Buchanan J.) 59

Вавилов Н. И. 107
Варсанофьева В. А. 151
Вассоевич Н. Б. 77
Ведеполь (Wedepohl K.H.) 78
Ведерникова Л. В. 99
Вернадский В. И. 5, 14, 53—55, 58, 59, 77, 105
Вирема Дж. (Wireman J.W.) 18

Гаврилов В. К. 37
Гарсия А. К. (Garcia A. K.) 137
Гельфанд И. М. 132
Глинка К. Д. 147
Гойло Э. А. 16, 22
Голубев Е. А. 128
Голубева И. И. 99
Гольдшмидт В. (Goldschmidt V. M.) 53
Горбачев М. С. 150
Григорьев Д. П. 13

Дегенс Э. (Degens E. T.) 46
Дедеев В. А. 82
Дембовский Б. Я. 68
Дриц В. А. 22

Елисеев А. И. 82
Ельцин Б. Н. 150
Емельянов Е. М. 65
Ермакова Е. А. 131, 132
Ефанова Л. И. 2

Жуланова И. Л. 107

Золотых Е. Б. 98
Зюсс Э. (Suess E.) 65

Ивенсен Г. В. 36, 91

Кадыров М. А. 148
Казаков А. В. 97
Калашников Н. В. 82
Каледа Г. А. 21
Карпинский 105
Качмашев В. В. 69, 70
Кенни Г. (Gavin Kenny) 138
Келдыш М. В. 132
Кетрис И. Я. 66
Кетрис М. П. 2, 6—8, 12, 28, 36, 37, 39, 43, 44, 57, 68, 74, 76, 86, 88, 93, 104, 112, 124, 131, 133, 135
Кизильштейн Л. Я. 78
Китаев И. В. 78
Кларк Ф. У. (Clarke F. W.) 53, 77
Ковалева О. В. 126, 128
Козырева И. В. 53

Кондрашова М. Н. 131
Копелиович А. В. 21
Корбридж Д. (Corbridge D.) 91
Коржинский Д. А. 105
Коровин В. М. 148
Коссовская А. Г. 22, 30, 34
Котляр И. Л. 61—64
Крашенинников Г. Ф. 26
Кронрод А. С. 132
Кудинов Б. П. 90
Кузнецов С. К. 128

Ладыгин В. М. 98
Ламанский В. В. 147
Ландсберг Г. С. 132
Лебедев В. А. 68, 75
Лебедевы 78
Левинсон-Лессинг Ф. Ю. 105
Левитан И. И. 82
Леман Б. (Lehmann B.) 33
Лыюров С. В. 123, 124
Лютиков Н. В. 38
Лютоев В. П. 128

Макеев А. Б. 128
Мандельштам Л. И. 132
Маркс К. (Marx K. H.) 109
Масайтис В. 105
Маслов А. В. 111, 112, 117, 144
Махнач А. А. 19, 21, 23
Меррей (Murray J.) 146
Мерц А. В. 53
Минеев Д. А. 95, 136
Минеева И. Г. 127
Мигдисов А. 75, 78, 120
Микляев А. С. 71, 72
Мушкетов И. В. 105

Назаркин Л. А. 77
Никулова Н. Ю. 100

Обручев В. А. 105
Орлов И. Н. 93

Паскаль Б. (Blaise Pascal) 5
Панова Е. Г. 14
Перельман А. И. 89
Петров А. Ф. 90
Петров В. П. 55
Петровский В. А. 128
Петровский И. Г. 132
Пиррус Э. И. 25
Подковыров В. Н. 111, 112, 117
Попов В. С. 90
Птицын М. Б. 69, 71, 72, 91
Пурталес Г. (Guy de Pourtalès) 146
Пустовалов Л. В. 147
Пучков В. Н. 79

Ракин В. И. 128
Раменская М. Е. 107
Ратынский В. М. 78
Ренар А. (Renard A. F.) 146
Репина С. А. 89, 126
Рогинский С. З. 134
Розе Г. (Heinrich Rose) 91
Романовский С. И. 107
Ронов А. Б. 46, 59, 77, 79, 81
Руссо Ж.-Ж.
(Jean-Jacques Rousseau) 5
Рухин Л. Б. 21
Рыбина Н. В. 68, 86, 88, 93, 110, 135
Рэндалл (A. Randall) 138

Савенко А. В. 139
Савенко В. С. 59, 139
Сарьян М. С. 82
Северин С. Е. 134
Сидоренков А. И. 15, 16
Силаев В. И. 99, 101, 128
Ситников Т. А. 87, 148
Смирнов В. И. 105

Смирнов С. С. 105
Соловьева Н. А. 37
Сочава А. В. 111
Сталин И. В. 150
Страхов Н. М. 27, 29, 77, 105, 120, 145—147

Тентюков М. П. 2
Терешко В. В. 68, 71, 72
Тимонин Н. И. 79
Ткачев Ю. А. 59
Толстой Л. Н. 5

Урасина Л. П. 100
Урванцев Н. Н. 106
Успенский В. А. 77
Ушаков Г. А. 106

Ферсман А. Е. 53, 54, 77, 95, 105
Фёллми К. (Fuellmi K.) 17
Фишман М. В. 127, 128
Фолк П. 19
Франк-Каменецкий В. А. 22
Фролов В. Т. 55, 123, 125

Хаин В. Е. 4
Хауэр Дж. (Hower J. C.) 7, 8
Хинчин А. Я. 132
Холодов В. Н. 21, 46, 123, 124
Хрущев Н. С. 150

Цыганко В. С. 75

Чалышев В. И. 25
Черненко К. А. 150
Чернов А. А. 80
Чувашов Б. И. 103

Шатский Н. С. 105
Шило Г. Е. 132
Шишкин М. А. 38
Шноль С. Э. 131, 133, 134
Шноль Э. Э. 131—134

Эйлер Л. (Leonhard Euler) 8, 24, 29, 49, 57, 58
Эйнштейн А. (Einstein A.) 84, 85

Юдович Ф. Я. 131
Юдович Я. Э. 7, 8, 12, 20, 28, 36—39, 44, 53, 57, 68, 76, 88, 93, 109, 110, 112, 124, 128, 131, 132, 135
Юшкин Н. П. 5, 13, 15, 44, 128, 151

Яншин А. Л. 105
Ярошевский А. А.

Chew D. 138
Garcia A. K. 137 (см. Гарсия)
Henrichs I. 138
Kenny G. 138
Ketris M. P. 2, 135, 148, 149
Mulligan D. 138
O`Sullivan G. 138
Rybina N. V. 135
Yudovich Ya. E. 2, 135, 148, 149

Научно-популярное издание

Яков Эльевич Юдович

ВТОРАЯ ЖИЗНЬ: ЗАПИСКИ ГЕОХИМИКА-2

Компьютерная верстка *А. Ю. Перетягина*

Подписано в печать 26.09.2024 г. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 13,98. Тираж 80 экз.

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
https://publishing.intelgr.com
E-mail: publishing@intelgr.com
Тел.: +7 (812) 945-50-63

ISBN 978-5-907804-93-7

