

Смирновские чтения, посвященные 60-летию кафедры геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых геологического факультета МГУ. 31.01.2013. geol.vsu.ru/history/hist_minera.html

10. Савко А. Д. Ультратонкое золото/А. Д. Савко, Л. Т. Шевыр'єв. Воронеж: ВГУ, 2001. 136 с.

11. Таллий. БСЭ. 3-е изд. В 30 т. 1976. Т. 25. С. 232–233.

12. Твалчрелидзе Г. А. Рудные провинции Мира (Средиземноморский пояс)/Г. А. Твалчрелидзе. М.: Недра, 1972. 212 с.

13. Antarctica – Mindat. www.mindat.org/loc-36.html

14. Assessment of Mercury Releases from the Russian Federation-UNEP. www2.mst.dk/udgiv/publications/2005/87...5/.../helepubl_eng.htm

15. Bailey Edgar H. Mercury in the United States (Exclusive of Alaska and Hawaii). To accompany Map UR-30/Edgar H. Bailey. <http://download.egi.utah.edu/geothermal/GL01418/GL01418.pdf>

16. Becker Bill. Coal mining costs Appalachians five times more in early deaths than it provides in economic benefits/Bill Becker. June 22, 2009. <http://thinkprogress.org/climate/2009/06/22/204270/coal-mining-costs-appalachians-five-times-more-in-early-deaths-than-it-provides-in-economic-benefits/>

17. Borisenko A. S. Global tectonic settings and deep mantle control on Hg and Au-Hg deposits/A. S. Borisenko, A. A. Obolenskiy, E. A. Naumov//Mineral deposits research: meeting the global challenge. Proc. Eighth Biennial SGA Meeting, Beijing, China, 18–21 August 2005. Springer, Berlin, 2005. V. 1. P. 3–6.

18. Cinnabar: Cinnabar mineral information and data. Mindat. www.mindat.org/show.php?id=1052&ld=1

19. Fleischer Michael. Summary of the literature on the inorganic geochemistry of mercury/Michael Fleischer//Geological Survey Professional Paper. Geology, 1970. V. 713–714. P. 5–9. books.google.com/books?id=YQclAQAAIAAJ

20. Hall Cris M. Dating of alteration episodes related to mercury mineralization in the Almaden district, Spain/Cris M. Hall, Pablo L. Higuera, Stephen E. Kesler, Rosario Lunar, Hailing Dong, Alex N. Halliday//Earth and Planetary Science Letters. 1997. 148. P. 287–298. https://ruidera.uclm.es/.../fi_119667593-SE-251_Halletal_EPSL.pdf

21. Hazen Robert M. Mercury (Hg) mineral evolution: A mineralogical record of supercontinent assembly, changing ocean geochemistry, and the emerging terrestrial biosphere/Robert M. Hazen, Joshua Golden, Robert T. Downs, 2 Grethe Hystad, Edward S. Grew, David Azzolini, Dimitri A. Sverjensky//American Mineralogist. 2012. V. 97. P. 1013–1042.

22. Hein James R. Mercury and Silver-Rich Ferromanganese Oxides, Southern California Borderland: Deposit Model and Environmental Implications/James R. Hein, Andrea Koschinsky, Brandie R. McIntyre//Economic Geology. September-October, 2005. V. 100. N 6. P. 1151–1168.

23. Krupp R. Paragenesis and conditions of formation of the Moschellandsberg mercury deposit/R. Krupp//Mineral Deposita. 1989. 24. S. 69–76. ink.springer.com/article/10.1007%2F978-3-642-6305-6_305

24. Kumar Pradeep. 196Hg/202Hg ratio and Hg content in meteorites and terrestrial standard rocks: A RNAA study/Pradeep Kumar, Mitsuru Ebihara, S. K. Bhattacharya//Geochemical Journal. 2001. V. 35. P. 101–116.

25. Laznicka P. Giant Metallic Deposits and Future Sources of Industrial Metals/Peter Laznicka. Springer Verlag, 2006. 735 p.

26. Palero F. Mercury mineralization in the region of Almaden. Chapter 5/F. Palero, S. Lorenzo. Instituto Geológico. P. 65–72. www.igme.es/internet/patrimonio/GEOSITES/Chapter_05_SGFG.pdf

27. Venturelli G. Petrogenesis and conditions crystallization of Spanish lamproitic rocks/G. Venturelli, E. S. Mariani, E. S. Foley et al.//Canad. Miner. 1988. V. 26. Pt. 1. P. 67–79.

28. Yudovich Ya. E. Mercury in coal: A review Part 2. Coal use and environmental problems/Ya. E. Yudovich & M. P. Ketris//Int. J. Coal Geol., 2005. 62. P. 135–165.

УДК 553.261:553.061

С. В. НЕЧАЕВ, д-р геол.-минерал. наук, профессор

ПРИЗНАКИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГАЛОГЕННЫХ И КАУСТОБИОЛИТОВЫХ ФОРМАЦИЙ В АСПЕКТЕ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В УКРАИНСКОМ ШИТЕ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Представлены авторские подходы к обоснованию источников рудогенных элементов и минералообразующих растворов месторождений и рудопроявлений в палеопротерозойских метаморфитах Украинского щита (УШ).

The article provided author's approaches to the study of sources ore-forming elements and mineralforming liquids of deposits and ore occurrences in Paleoproterozoic metamorphites of the Ukrainian shield.

Предисловие

Данная статья является логическим продолжением опубликованной ранее, посвященной минерагенической зональности центральной части Украинского щита (УШ), в которой лишь затронута вероятность первично-осадочной природы протолита большинства вещественных типов эндогенной, прежде всего рудной, минерализации [17].

Цель продолжения, а по сути, завершения – аргументация природы конкретного протолита, источников рудогенных элементов и транспортировавших их растворов, обусловивших месторождения и рудопроявления в палеопротерозойских метаморфитах щита.

Определяющее значение в наших исследованиях,

однозначно, имел полевой практический опыт, приобретенный в 50–70-е годы в фанерозойских регионах и зонах их сочленения с докембрийскими платформенными структурами [12], наряду с осознанием методологической фундаментальности понятия “элементарного осадочного ритма”, введенного и раскрытого академиком Н. М. Страховым для послекембрийской истории платформенного блока Земли [21]. Вместе с тем автор разработки подчеркивал, “...что близкая картина характеризовала и альгонскую эру, когда структурное расчленение земной коры приближалось к тому, какое мы знаем в нижнем палеозое” [21, с. 75].

Спустя два десятилетия после цитированной публикации А. В. Сидоренко – академик, возглавляющий

Мингео СССР (редчайшее, но справедливое сочетание!), инициатор изучения докембрия, “как важнейшей задачи современной геологии” [26, с. 163], уже имел достаточно оснований констатировать: “Седиментогенез докембрия и постдокембрия сходен в своей основе как единое целое, находящееся в разных стадиях непрерывного эволюционного развития” [20, с. 168].

Как подчеркивает академик А. Л. Яншин: “Эта формулировка стала методологической основой большинства исследований советских литологов в следующее десятилетие” [26, с. 167–168].

Однако, вспоминая начало 70-х годов, замечу, что в отделе геологии и геохимии рудных месторождений ИГФМ АН Украины такого рода новации не воспринимались. Первопричиной рудообразования считалась магма, а методы магматической петрографии и петрологии – классическими.

Символично – во времени и пространстве: с работой А. И. Тугаринова о причинах формирования рудных провинций, опубликованной в 1963 г., нас ознакомили сотрудники его группы, обеспечивавшие научное сопровождение поисковых

разведочных и горнодобывающих работ СГАО “Висмут” в крупнейшей в Европе Саксо-Тюрингской уранорудной провинции. Вот где и унаследованность, и регенерация! И это очевидно в прямом смысле, начиная от стратифицированного уранового оруденения в силурийских черных сланцах, “через” богатые жильные руды в контактовом ореоле вариссийских гранитных интрузий, “промежуточные коллектора” – угленосный пермский и песчаниковый сеноманский до очередных трещинно-прожилковых в экзоконтактах третичных базальтовых штоков/куполов. И эта регенерация воплощена в рудных минеральных ассоциациях, “запечатлевших” макро- и микроэлементные геохимические особенности вмещающих пород, естественно, в соответствии с РТ-условиями минерализации.

Фактически автору посчастливилось сотрудничать в течение нескольких лет с высококлассными профессионалами школы ГЕОХИ АН СССР им. В. И. Вернадского, которые способствовали предзащите докторской в этом институте. Членкорреспондент А. И. Тугаринов дал согласие выступить

оппонентом, акцентируя внимание на том, что “По сути работа посвящена весьма злободневному вопросу в современной геологии – источнику вещества в рудных месторождениях” (цитирую по его последующему официальному отзыву). Именно этот акцент стимулировал дальнейший интерес, вызвавший соответствующую реакцию в научных кругах. Становилось скучно, и потому с удовлетворением было принято предложение Мингео СССР поработать за рубежом, тем более – на загадочном Африканском Роге.

До убытия удалось завершить монографию [13], задуманную по материалам докторской и принятую к редактированию Е. Ф. Шнюковым, ныне руководителем Отделения морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины.

Приступив в начале 80-х годов к систематическому изучению рудной минерализации в структурах УЩ, автор не мог оставить вне внимания разработок А. В. Сидоренко проблем осадочной геологии и металлогении докембрия, основывающихся на материале всех материков. Тем более, что эти разработки привели к уста-

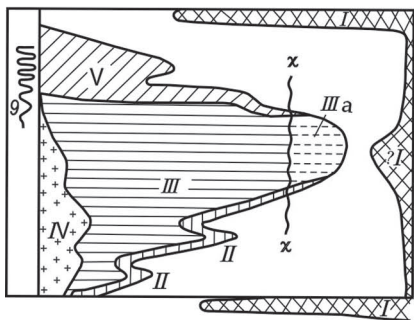
новлению первично-осадочной природы большинства метаморфических пород.

Поскольку исследования Александра Васильевича были направлены “прежде всего на решение недостаточно ясных вопросов геологии и геохимии раннего докембрия” [26, с. 180], во избежание возможной субъективности личных комментариев, автор воспользовался анализом и оценкой результатов этих исследований академиком А. Л. Яншиным, начиная с приведенной выше констатации сходства седиментогенеза докембрия и постдокембрия.

Мы воспринимаем эту формулировку как универсальную суть явления элементарного осадочного ритма, в строении которого запечатлена периодическая смена определенных комплексов горных пород и, что особенно важно, в контексте предлагаемой статьи, связанных с ними полезных ископаемых (рисунок).

Основываясь на такого рода универсальности, автор обратил внимание на ряд вещественных аналогий в палеопротерозойской эволюции петрокомплексов и породных ассоциаций, а также связанных с ними визуальнo-пространственно (факто-

Строение основного осадочного ритма



Размещение осадочных пород по стадиям осадочного ритма

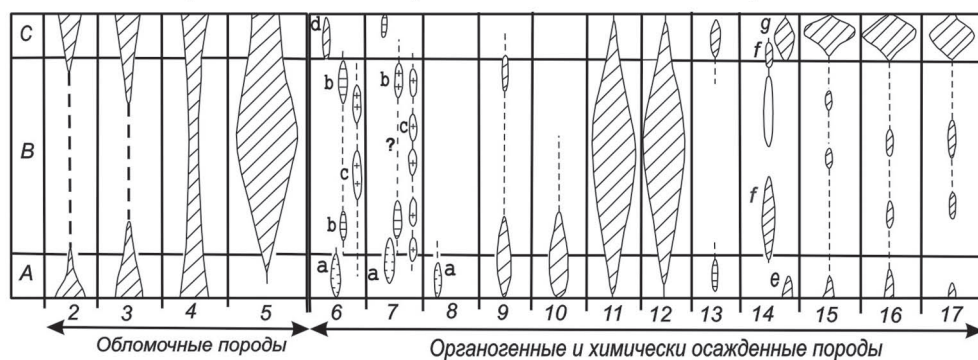


Рисунок. Строение основного осадочного ритма, размещение осадочных пород и полезных ископаемых по стадиям ритма по Н. М. Страхову [21, с. 85]:

I, II, III, IV, V – динамические группы пород; IIIa – уничтоженная размывом часть III динамической группы; X–X – граница размыва; 2 – конгломераты; 3 – пески; 4 – алевроиты; 5 – глины; 6 – железные руды; а – оолитовые гидрогетит-шамозитовые, б – сидеритовые морские, с – эффузивно-осадочные, d – сидериты угленосных толщ; 7 – марганцевые руды; а – оолитовые, б – карбонатные среди осадочных пород, с – эффузивно-осадочные; 8 – бокситы; 9 – глауконит; 10 – фосфориты; 11 – карбонатные породы; 12 – кремнистые породы; 13 – накопления меди; 14 – горючие сланцы; е – лагунного типа, f – морского типа, g – угленосных толщ; 15 – гипсы; 16 – каменная соль; 17 – калийные соли

графически) минеральных концентраций в пределах Центральноукраинского пояса/Кировоградского орогена – бывшего (послеархейского) седиментационного бассейна.

Правомерности принятой методологии исследований предшествовал обстоятельный анализ минерогенеза геодинамических систем и комплексов УЩ в аспекте эволюции земной коры и рудообразования [15], а также принципиальных вопросов хроностратиграфических корреляций [16].

Элементарный осадочный ритм как методологическая основа исследования

В формулировке Н.М.Страхова осадочный ритм – это “Совокупность пород, связанных с определенным типом динамического режима коры и образующаяся в более или менее сходном сочетании, как только где-либо на континентальном блоке осуществляется этот режим” [21, с. 76].

Основные динамические комплексы (группы) пород, образующих ритм, находят отражение в волнах трансгрессий и регрессий.

В полном ритме отложения начальной стадии “А” отображают краткость момента развертывания трансгрессии и погружения. Для первой половины этой стадии характерны гипсы, каменная и калийная соли, а для второй стадии – накопления меди, фосфориты, оолитовые марганцевые руды; оолитовые гидрогетит-шамозитовые руды типичны для начальной стадии в целом, затем возникают лептохлориты, сидерит, наконец, пирит, который может замещать все остальные минералы железа.

С завершением трансгрессии в первой половине стадии “В” подавляющая часть затопленной площади лежит обычно ниже иловой линии и заметную роль игра-

ют горючие сланцы угленосных толщ. Затухающее фосфатообразование сменяет галогенез и образование типичных для регрессивной стадии (в аридном климате) медистых песчаников.

Как известно, с эвапоритами или признаками их былого существования [19] фациально сопряжены битуминозные черные сланцы, что отражено в латеральной зональности отложений [10]. На дне шельфа, по направлению к берегу, последовательно отлагались: черные сланцы, фосфориты, кремнистые породы, карбонатные породы, глауконитовые песчаники, красноцветы и эвапориты.

В условиях аридного прибрежного климата, где органическое вещество превращается в нефть [10], несомненно, повышается содержание Mo, V, Ni, Zn, Ag, As и, возможно, Au. Тем не менее, как подчеркивает К. Краускопф, химические процессы, ведущие к концентрации лишь определенных, но не всяких металлов, не известны, а там, где в большом количестве присутствует фосфат, к указанным элементам добавляются еще Pb, Sr и PЗЭ.

В результате исследования генезиса минерализации на западных склонах Восточно-Европейской платформы – крыльях смежных седиментационных бассейнов – был обоснован позднедокембрийский (вендский) осадочный ритм с типоморфными для “полного ритма” галогенными и каустобиолитовыми (нефтяного ряда) формациями и сопутствующей сульфидной (в том числе в фосфоритовых конкрециях) [12, 13], а позже – урано-битумной минерализацией [24].

Следует подчеркнуть, что типичные для этого ритма сульфиды Pb, Zn и Cu, а также фосфориты, флюорит и барит “вписываются” в аридность палеоклимата: концентрации в осадочных по-

родах сульфидов указанной триады элементов, согласно Н.М.Страхову, являются показателем начальной стадии аридного литогенеза; именно в условиях этой догипсовой (могилевская свита венда) стадии осолонения бассейна реализовалось осаждение флюорита – чувствительнейшего индикатора галогенных формаций [6].

Фактический геологический материал и результаты определения изотопного состава серы рудных минеральных ассоциаций позволяют рассматривать в качестве источника подвижной серы, участвовавшей в рудообразовании на западных склонах Украинского и Фенно-Скандинавского щитов, сульфаты эвапоритов и сероводород нефтяных вод и газов, возникший в горизонтах осадочных пород при восстановлении осадочных сульфатов [1, 13].

Переходя к палеопротерозойским формациям, заметим, что в бугской серии и ее стратиграфических эквивалентах совершенно очевидно пространственно-временное единство карбонатных и фосфатных, марганцевых и углеродистых пород в переслаивании с метапелитами (умеренно- и высокоглиноземистыми гнейсами и сланцами) и соответствие положения высокоглиноземистых пород таковому бобовых бокситов, высокомарганцевых (скарнов и гондитов) – оолитовым и карбонатным марганцевым рудам, апатитоносным метасоматитов – фосфоритам в стадиях осадочного ритма (рисунок).

На реальность присутствия в разрезе бугской серии эффузивно-осадочных метаморфизованных высокомарганцевых образований мы уже обращали внимание, ссылаясь в работе [17] на результаты исследования Е.М.Гурвича с соавторами, идентифицировавших природу этих образований как

эдафогенную (осадки океанического дна).

Если присутствие углеродистых пород, включая металоносные черные сланцы, в составе метаморфитов палеопротерозоя УЩ сомнений не вызывает [14], то столь древние галогенные породы вообще не известны в земной коре. Древнейшими (900 млн лет) являются калийные соли бассейна Эйдвел в Австралии [3] и участвовавшие А.В.Сидоренко синхронные (гренвильская серия Юго-Восточной Канады) образования – ассоциация параамфиболитов, силлиманитовых сланцев и гнейсов, кварцитов, кальцитовых и доломитовых мраморов с прослоями гипса, ангидрита и псевдоморфозами по каменной соли [26].

Отсутствие представляется вполне естественным: галогенные породы, отличающиеся малой устойчивостью к воздействию внешних факторов, прежде всего воды, легко растворяются и разрушаются, тем более – в условиях динамометаморфизма и гранитизации протолита, характерных для структур раннего докембрия вообще и УЩ в частности.

Вместе с тем в пределах УЩ имеются как косвенные, так и более вероятные индикаторы – в нашем понимании, признаки былого существования палеопротерозойских как галогенных, так и каустобиолитовых формаций.

Косвенные признаки палеопротерозойских галогенных и каустобиолитовых формаций

Таковыми прежде всего являются закономерности размещения областей галогенеза, имеющие глобальный характер, включая также области соляного диапиризма – галокинеза [9]: они расположены на окраинах древних платформ и в обрамлении последних на континентальной коре в пределах шельфа

и континентального склона, иногда смещаясь на участки с океанической корой. При этом выделяются два типа геодинамических обстановок соленосных формаций, в общем согласующихся со строением элементарного осадочного ритма.

Области первого типа формировались в процессе раскрытия океанов (седиментационных бассейнов) в начальные стадии циклов в результате рифтогенеза. Соленосные отложения расположены в нижних частях вертикальных формационных рядов и отвечают переходу от континентальных к морским условиям осадконакопления через лагунные. Вероятным аналогом является Голованевская зона, “смешанная” минерагения которой отвечает зонам столкновения структур зон перехода континент–океан [11]. Именно в этой зоне И. Б. Щербаков с коллегами выявили скарноиды с ангидритом и бариевые метасоматиты, в которых шеелит ассоциирует с баритом [25].

Области второго типа формировались в заключительные стадии циклов, когда происходило замыкание геосинклиналей и образование в их пределах эпигеосинклинальных орогенных поясов с накоплением моласс. Здесь соленосные формации расположены в верхних регрессивных частях вертикальных формационных рядов между карбонатными формациями в подошве и молассовыми в кровле, что отвечает смене морских условий осадконакопления континентальными через лагунные.

Области второго типа, в контексте данной статьи, в наибольшей мере соответствует Ингулецко-Криворожская минерагеническая зона, в которой молассовая формация представлена в верхних свитах криворожской серии: глееватской, гданцевской и родионовской

[7, 17]. Именно в этой зоне на этом стратиграфическом уровне наиболее полно в УЩ представлены породные ассоциации хемогенно-терригенного петрокомплекса и вещественные типы оруденения, особенно уранового, генетически связанного со щелочными метасоматитами Na-ряда.

Примечательна приуроченность урановых руд Первомайского и Желтореченского месторождений к железосланцевым породам средней свиты, углеродистокarbonатным и терригенным отложениям верхней свиты криворожской серии, претерпевшим щелочной метасоматоз, тогда как вне воздействия последнего все повышенные концентрации урана “относятся к поздним этапам, после отложения апологунной (доломитовой и молассовой формаций), составляющих верхнюю свиту криворожской серии” [2, с. 30].

Вместе с тем наиболее древние проявления урановой минерализации в УЩ приурочены к базальным песчано-конгломератовым отложениям скелеватской – нижней свиты криворожской серии, определяющим стратиграфический рубеж между формациями неоархея и палеопротерозоя в соответствии с международной шкалой 2,5 млрд лет [16]. Ураноносность этих отложений, вероятнее всего, обусловлена денудированными породами архейского Среднеприднепровского кратона, в частности токовскими гранитами, наиболее обогащенными (до 0,01 %) ураном [2]. Таким образом, очевидна цикличность (принцип унаследованности по В. И. Вернадскому) в геохимии урана в палеопротерозойском ритме восточного крыла Кировоградского орогена.

Подобное явление отображено и в его западном крыле, где торий-редкоземельно-фосфатная спе-

циализация области сноса – архейского Днестровско-Бугского кратона – унаследована палеопротерозойскими метасоматитами K-ряда через начальную стадию осадочного ритма.

Также косвенным признаком бывшего палеопротерозойского галогенного протолита, как нам представляется, является широкая распространенность в УЩ субщелочных и щелочных пород, а также минералов, содержащих элементы, присущие галогенным формациям. Кстати, по данным исследований А. В. Сидоренко в начале 70-х годов, “присутствие в разрезе турмалиновых, людвиговитовых и скаполитовых сланцев, а также широкое развитие процессов щелочного метасоматоза могут свидетельствовать о самых ранних процессах соленакопления в аридных условиях” [26, с. 171].

Что касается каустобилитовых формаций, то обращает на себя внимание расположение всех урановорудных объектов в контуре центральной графитоносной области УЩ, где они как бы “выплеснуты” в разломные зоны [17, 18]. В этой связи обратимся к комментарию академика А. Л. Яншина статьи А. В. Сидоренко и Св. А. Сидоренко “Об “углеводородном дыхании” докембрийских гранитсодержащих толщ”, оцененной как “новое слово в наших представлениях о докембрии” [26, с. 168]. Суть в том, что в результате детального битуминологического исследования графитсодержащих метаморфических пород, в том числе УЩ (Криворожье и Приазовье), “Во всех образцах обнаружены в небольших количествах углеводороды, представленные нафтеново-ароматическими структурами и парафиновыми цепями”, а среди сорбированных газов “...оказались метан, этан, пропан, этилен

и пропилен. При этом устанавливается отчетливая связь между содержанием в породе метана и органического углерода, что, безусловно, свидетельствует об их генетической связи” [26, с. 168]. К этому целесообразно добавить, что названные выше авторы, изучая породы свиты кейв, лежащие в основании нижнего протерозоя Кольского полуострова, констатировали в черных конкреционных параморфических сланцах содержание биогенного углерода, достигающее 2,72 %, “что в среднем не ниже содержания его в фанерозойских осадочных толщах” [26, с. 166].

Индикаторы палеопротерозойских галогенных и каустобилитовых формаций

Такой категорией свидетельств, кроме упоминавшихся выше пород с ангидритом и баритом [25], являются результаты анализа химического состава газожидких включений в породообразующих минералах щелочных метасоматитов урановорудных районов УЩ [8]. Эти результаты достойны более подробного рассмотрения, тем более, что авторы исследования априорно аргументируют природу анионообразующих галогенидов в минералах: “Наличие в породах хлор-, карбонат- и борсодержащих минералов указывает на их верхнемантийный источник” [8, с. 219]. Скорее всего, это декларация или “дань моде”, игнорирующие энциклопедические реальности: 1) “Ведущими в составе природных галогенидов являются литофильные элементы (Na, K, Ca, Mg, Al), хлориды которых, типичные для химических осадков в водоемах различного типа, ассоциируются с сульфатами (гипс, ангидрит), боратами и карбонатами, а также являются продуктами вулканических процессов (галит, нашатырь)” [4].

2) “Галогенез – геохимические процессы концентрации растворимых солей, обязанные испарению воды. Распространены на 1/3 поверхности материков... С современным и древним галогенезом, кроме образования разнообразных месторождений соды, гипсов, поваренной и калийных солей, связано также накопление многих редких элементов – F, Br, J, Li, Sr, W и др., имеющих промышленное значение” [5].

Общеизвестный и доказанный факт: ураноносные щелочные метасоматиты в УЩ представлены двумя разновозрастными геохимическими типами – калиевым и натриевым, датированными рубежами 2,0 и 1,8 млрд лет соответственно.

По данным В. Б. Ковалева с соавторами [8], в минералах метасоматических пород включения установлены во всех разновидностях нерудных и рудных метасоматитов, а также в частично альбитизированных микроклиновых породах (так наз. сиенитах).

В К-метасоматитах (микроклинитах), обычно имеющих пегматоидный облик, в составе растворов газожидких включений в кварце и полево шпате обнаружены хлориды Na, K, Ca и Mg.

В водной вытяжке из включений в кварце Na преобладает над суммой K+Ca и гидрокарбонат – над суммой галогенов и сульфата. Общая минерализация составляет 177 г на 1 кг (H_2O+CO_2) при концентрации солей 15%. Содержание флюидного Cl в рудных и безрудных образцах практически одинаково, в среднем $14 \cdot 10^{-6}$ г/г навески. Флюидный F $(1-13) \cdot 10^{-6}$ присутствует преимущественно в рудных образцах.

В газожидких включениях в кварце обнаружены органические вещества, содержащие следующие компоненты: CO_2 , CO, CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , H_2S , а также C_3H_8 , $изо-C_4H_{10}$ и $n-C_4H_{10}$.

В Na-метасоматитах (альбититах) в составе флюида во включениях установлены хлориды Na, K, Ca, гидрокарбонаты Na и K, примесь хлорида Mg. В составе газовой фазы – азот, редкие газы, H_2 , CO, CO_2 и H_2S , изредка F и Cl. Среди катионов в водных вытяжках из включений в альбититах преобладает Na. В минералообразующих растворах находится также Cl, связанный с хлорпроизводными углеводородами, причем доля такого Cl достигает иногда 30–60% общего содержания элемента; F также встречается в форме фторпроизводных углеводородов. Оксиды углерода входят постоянно в состав флюида и количественно не коррелируются с суммой углеводородов.

Концентрация растворов при образовании альбита I генерации составляла 5–13%, альбита II генерации – 5–20%. По результатам анализа водных вытяжек установлено, что в целом на протяжении формирования альбититов характер растворов оставался хлоридно-гидрокарбонатно-натриевым с переменным содержанием F, K, Ca, Mg и небольшим количеством сульфат-иона – до 0,12 моль/л воды (табл. 1). Однако на ранних стадиях метасоматического изменения пород состав флюида был хлоридным.

Как известно, Na-метасоматиты развиваются по гранитоидам двух типов – кировоградскому и новоукраинскому, а также по

пестрому петрокомплексу криворожской серии, в связи с чем весьма показательны приведенные ниже результаты исследований В. Б. Ковалева с коллегами [8].

В новоукраинских гранитах содержание CO_2 почти в два раза выше, чем в кировоградских. Высокое содержание CH_4 и CO отмечается как в гранитах, так и в альбититах (рудноносных и безрудных), образовавшихся по новоукраинским гранитам. В числе углеводородных соединений, кроме преобладающего и присутствующего во всех пробах метана, определены C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 ; постоянно фиксируются пропан и изобутан, обнаружены также этан и ненасыщенные углеводороды.

Таким образом, мы возвращаемся к реальности природной ассоциации галогенных и каоустобиолитовых пород. Ураноносные Na-метасоматиты желтореченского типа в этом плане вообще “вне конкуренции” (табл. 2).

Как это не покажется странным, но в той же коллективной монографии [2] Ю. А. Фомин, рассматривая на основании изотопно-геохимических исследований генетические типы месторождений ураноносных альбититов, отмечает “внутреннюю” (метаморфогенную) природу флюидов и заимствованный из вмещающих пород характер углерода, серы и урана [23].

Также соавторы монографии А. Н. Комаров и В. Н. Вербицкий подчеркивают отсутствие признаков связи как рудогенных элементов, так и транспортировавших их флюидов-растворов с “подкорковым веществом”. Более объективным, с нашей точки зрения, представляется их обоснование “метаморфогенно-регенерационного типа уранового оруденения в “щелочных метасоматитах” [2, с. 45].

Факт преобладания среди анионов – в водных вытяжках из включений в альби-

Таблица 1. Результаты анализов тройных водных вытяжек из включений в минералах безрудных (1) и рудных альбититов (2), моль/л воды [8]

Компонент	1	2
CO_2	3,17 (0,2–0,17(?)*	0,97 (0,13–2,16)
Na	2,11 (0,69–4,49)	1,62 (0,04–7,16)
K	0,28 (0,029–1,04)	0,046 (0,001–0,18)
Ca	0,052	не обн.
Al	до 0,006	до 0,0004
Mg	до 0,17	не обн.
HCO_3	2,1 (0,054–4,54)	1,39 (0,05–4,26)
Cl	0,5 (0,18–0,76)	0,42 (0,02–1,93)
F	0,16 (0,08–0,31)	0,04–0,19
SO_4	0,12	0,004

В скобках – дисперсия значений. *Вероятно, опечатка в оригинале [8].

Таблица 2. Средние содержания флюидных компонентов в породах (водные вытяжки) [8]

Порода, тип	Галоиды, 10^{-6} г/г навески		Газы, мл/кг породы		
	хлор-ион	фтор-ион	CO_2	CO	CH_4
Кировоградский тип					
Альбититы рудные	32,7	12,75	21,97	1,13	0,24
Альбититы безрудные	24,4	11,76	20,42	1,06	0,23
Граниты	20,0	не обн.	8,97	1,20	0,16
Новоукраинский тип					
Альбититы рудные	14,3	11,85	15,0	3,06	0,23
Альбититы безрудные	13,04	7,21	21,24	1,39	0,5
Граниты	23,3	не обн.	15,64	1,85	0,32
Желтореченский тип					
Альбититы рудные	100,75	не обн.	31,8	0,95	1,56

татах – гидрокарбонат-иона [8], вместе с данными работы [23], согласуется с выводом А. В. Сидоренко с соавторами о роли метаморфогенной углекислоты в рудообразующих гидротермальных растворах. Значение статьи “Метаморфизм осадочных толщ и “углекислое дыхание” земной коры” отмечает А. Л. Яншин [26].

О первичной природе минералообразующих растворов

Эндогенный характер эпигенетической минерализации в палеопротерозое УЩ сомнений не вызывает. Вместе с тем известные промышленные концентрации в рапе современных водоемов W, B, Li и ряда других элементов свидетельствуют об экзогенном “витке” в их геохимических циклах. На это же указывает отмеченный автором работы [17] факт выявления Д. К. Возняка в кварце литиевых руд УЩ реликтовых включений, представленных холодноводным раствором, давление в которых близко к атмосферному.

Это явление согласуется с комментарием А. Л. Яншина к статье А. В. Сидоренко в соавторстве с Ю. А. Борщевским “Участие поверхностных вод в формировании метаморфической оболочки Земли” (1975 г.): “Выводы этой статьи основаны на детальном изучении изотопного состава кислорода в водах различного происхождения и самых разнообразных осадочных и магматических породах, а также в метаморфических породах, в различной степени испытавших процессы гранитизации и щелочного метасоматоза. Сравнительный анализ содержания кислорода разного изотопного состава убедительно свидетельствует о том, что метаморфизирующие флюиды создавались не за счет поступления в земную кору вод ювенильного происхождения, а за счет вод гипергенных, близких по свое-

му составу к водам Мирового океана” [26, с. 180].

Продолжая обоснование последнего явления, остановлюсь на реализации предложения Е. Ф. Шнюкова заняться мне “как бывшему уранщику” анализом факторов ураноносности донных отложений Черного моря [18].

Действительно, учиться и познавать никогда не поздно, даже если это “просто” интересно. В результате довелось:

Во-первых, узнать об огромной массе растворенного урана, ежегодно выносимого речным стоком с водосборной площади – территории континентальной Украины, “нависающей” над седиментационной акваторией.

Во-вторых, убедиться в пространственном (картографически задокументированном) совмещении U-аномальных полей с таковыми С орг на дне моря, что подобно расположению U-рудных полей в центральной графитоносной области УЩ.

В-третьих, более полно и всесторонне представить “стартовую” роль осадочного геохимического цикла элемента в эволюции рудообразования, начиная с зарождения потенциально ураноносной фации.

В четвертых, обратить внимание на констатированной группе элементов (наряду с U и С орг) – P, Fe, Mn, Ni, Co, Cu, Mo, W, As, Se, Au, а также CaCO₃, в поступлении которых в Черноморский бассейн с речным стоком отчетливо прослеживается роль растворов. Кроме того, узнать о тесной генетической связи в поверхностном слое морских осадков РЗЭ с терригенным глинистым веществом и установленной их дифференциации с удалением от береговой линии: увеличение содержания элементов иттриевой группы и уменьшение – цериевой. В этом явлении мы усматри-

ваем аналогию в западном крыле Кировоградского орогена, где очевидна латеральная смена монацитовой минерализации ксенотимовой (+уранинит) в палеопротерозойских метасоматитах К-ряда, а первоисточником является торий-редкоземельно-фосфатная специализация области сноса – архейского Днестровско-Бугского кратона.

И наконец, анализируя картосхемы индивидуального распределения указанных выше элементов, а также галогенидов в верхнем слое осадков Черного моря, автор осознал возможность исследования (в аспекте обратной связи) геохимической цикличности элементов, определяющих минерагению палеопротерозоя УЩ.

Интерес и значение Черного моря для познания геохимии осадочного процесса обоснованы всемирно известной литолого-геохимической школой академика Н. М. Страхова: “Идеи относительно механизма и факторов, контролирующих распределение элементов, выросшие на анализе черноморских отложений, приложимы и к другим морским бассейнам... Едва ли нужно доказывать, что эти идеи могут оказать существенную помощь и при изучении аналогичных процессов в бассейнах геологического прошлого; во всяком случае игнорировать их уже нельзя” [22].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградов В. И.* Роль осадочного цикла в геохимии изотопов серы. Автореф. докт. дис. М.: ГИН АН СССР, 1975. 41 с.
2. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины/Белевцев Я. Н., Коваль В. Б., Бакаржиев А. Х. и др. К.: Наукова думка, 1995. 396 с.
3. Горная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 2. С. 503.
4. Горная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 1. С. 518.

5. Горная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 2. С. 18.

6. *Казаков А. В.* Фторапатитовая система равновесий в условиях образования флюорита в осадочных породах//Труды ГИН АН СССР. Геол. сер., 1050. Вып. 114. С. 1–4.

7. *Клочков В. М., Клочков С. В., Шевченко А. Н.* Старые и новые проблемы раннего докембрия Украинского щита (обзор результатов ГДП-200)//36. научных праць УкрДГРІ. 2012. № 2. С. 58–71.

8. *Коваль В. Б., Гостяева Н. В., Лазаренко Е. Е.* Термобарогеохимические условия формирования месторождений урана. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. К.: Наукова думка, 1995. С. 216–237.

9. *Конищев В. С.* Области галокинеза окраин и обрамления древних платформ. Геология запада Восточно-Европейской платформы. Минск: Наука и техника, 1981. С. 150–159.

10. *Краусконф К.* Осадочные месторождения редких металлов. Проблемы рудных месторождений. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1959. С. 388–440.

11. На совещании по рудным формациям зон перехода континент – океан//Геология рудных месторождений. 1989. № 2. С. 102.

12. *Нечаев С. В.* Генезис минерализации в позднекембрийских и палеозойских толщах склонов Украинского щита и сопредельных платформенных структур. Автореф. докт. дис. К.: ИГФМ АН Украины, 1973. 46 с.

13. *Нечаев С. В.* Геолого-геохимическая природа оруденения в осадочном чехле западной части Восточно-Европейской платформы. К.: Наукова думка, 1978. 192 с.

14. *Нечаев С. В.* Черносланцевые формации Европы и связанное с ними оруденение//Геол. журнал. 1982. № 6. С. 65–75.

15. *Нечаев С. В.* Минерагения геодинамических систем и комплексов Украинского щита в аспекте эволюции земной коры и рудообразования//36. научных праць УкрДГРІ. 2005. С. 18–29.

16. *Нечаев С. В.* Хроностратиграфия петрокомплексов Днестровско-Бугского и Росинско-Тикичского районов Украинского щита//36. наук. праць УкрДГРІ. 2007. № 3. С. 7–19.

17. *Нечаев С. В.* Минерагеническая зональность централь-

ной части Украинского щита и некоторые общегеологические следствия ее изучения//Зб. наукових праць УкрДГРІ. 2012. № 2. С. 38–57.

18. Нечаев С. В. Факторы ураноносности донных отложений украинской части Черного моря//Геология и полезн. ископ. Мирового океана. 2012. № 2 (28). С. 25–39.

19. Руттен М. Г. Геология Западной Европы. М.: Мир, 1972. 446 с.

20. Сидоренко А. В. О едином историко-геологическом принципе изучения докембрия и постдокембрия//Докл. АН СССР. 1969. Т. 186. № 1. С. 168.

21. Страхов Н. М. О периодичности и необратимой эволюции осадкообразования в истории Земли//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1949. № 6. С. 70–111.

22. Страхов Н. М. О программе и методике изучения геохимии элементов в осадочном цикле//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1970. № 9. С. 3–16.

23. Фомин Ю. А. Генетические особенности натрий-урановых месторождений – по изотопно-геохимическим данным. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. К.: Наукова думка, 1995. С. 237–248.

24. Шумлянський В. А., Суцук Е. Г., Макаренко Н. Н. и др. Генезис и закономерности размещения рифейских и фанерозойских месторождений урана. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений урана Украины. К.: Наукова думка, 1995. С. 308–370.

25. Щербаков И. Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ, 2005. 365 с.

26. Яншин А. Л. Александр Васильевич Сидоренко. Портреты геологов (Н. С. Шатский, А. Л. Яншин). М.: Наука, 1986. С. 147–183.

УДК 552.322:551.24 (477.62)

Н. Н. ШАТАЛОВ, д-р геол. наук, старший научный сотрудник (Институт геологических наук НАН Украины)

СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ШТОКОВ И ДАЕК АНДЕЗИТ-ТРАХИАНДЕЗИТОВОГО КОМПЛЕКСА ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ДОНБАССА С ПРИАЗОВЬЕМ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

В статье дан анализ глубинной структуры и особенностей локализации штоков, даек, лакколлитов и других тел андезит-трахиандезитового комплекса южных окраин Донбасса и северных прибортовых частей Приазовского мегаблока Украинского щита.

The paper represents the analysis of the deep structures and the features for the localization of stocks, dykes, laccolites and other bodies from the andesite and trachyandesite complex of the southern margins of Donbas and the northern near edge zone of the Near-Azovian megablock of the Ukrainian Shield.

Вступление

Дайки, штоки, лакколлиты, межпластовые залежи и другой формы тела, сложенные породами андезит-трахиандезитового комплекса, в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем распространены довольно широко. Здесь они являются наиболее молодыми магматическими образованиями. В силу структурной позиции, трещиноватости, петрографического состава, плотности и других физико-механических свойств породы андезит-трахиандезитового комплекса являются важным объектом для промышленной разработки в качестве месторождений строительных материалов.

Выходы штоков, лакколлитов, лополитов, вертикальных и наклонных даек, а также других тел андезит-трахиандезитового комплекса известны по рекам Тузлов, Большой и Малый Несветай, Кадамовка, Грушовка, Мокрая и Сухая Волноваха и др. [1–5]. Развиты они также в прибортовой части Приазовского мегаблока Украинского щита (УЩ), где

в виде даек и штокообразных тел прорывают докембрийские кристаллические породы (рис. 1, 2). Обнажения андезитов среди пород докембрийского фундамента наблюдаются по р. Кальмиус южнее с. Василевка, и вблизи х. Гречкин (мощная дайка), а также по балке Хан-Тарама на юго-восточной окраине с. Староигнатьевка (штокообразное тело). Ряд штокообразных и дайковых тел закартированы в обнажениях и вскрыты скважинами вблизи сс. Петровское, Староигнатьевское и по балке Камышеваха

Формы и размеры тел андезит-трахиандезитового комплекса разнообразны.

Большинство тел представлено межпластовыми залежами и полого падающими дайками, мощность которых достигает 200 м и более. Штоко-, лакколито- и лополитообразные тела встречаются значительно реже, размер их обычно не превышает сотен метров. Крупные штокообразные тела размером до 2–3 км в поперечнике развиты у с. Новотроицкое (доломитовый карьер), в Южно-Донбас-

ском и Шахтинском районах.

Строение земной коры

В геологическом строении региона выделяются три структурных этажа. Нижний (докембрийский) структурный этаж представлен древними архей-протерозойскими кристаллическими породами, средний (герцинский) – палеозойскими осадочными, вулканогенно-осадочными и интрузивными породами и верхний (альпийский) – мезо-канозойскими осадочными отложениями платформенного чехла [1–19].

Докембрийский структурный этаж сложен комплексами метаморфических и ультраметаморфических образований западно- и центральноприазовской серии, прорванных интрузивными породами восточноприазовского комплекса. Центральноприазовская серия объединяет здесь мигматиты и различные гнейсы (биотитовые, амфиболовые, пироксеновые и др.) и разнообразными гранитоидами.

Значительная часть района сложена лейкократовыми гранитами анатольского типа, которые