

УДК 552.114:551.3.051(470.324)

## КОНКРЕЦИИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ КАК ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ЗОН ПОВЫШЕННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

© 2002 г. В. А. Шатров, В. И. Сиротин, Г. В. Войцеховский

Представлено академиком О.А. Богатиковым 27.02.2002 г.

Поступило 20.02.2002 г.

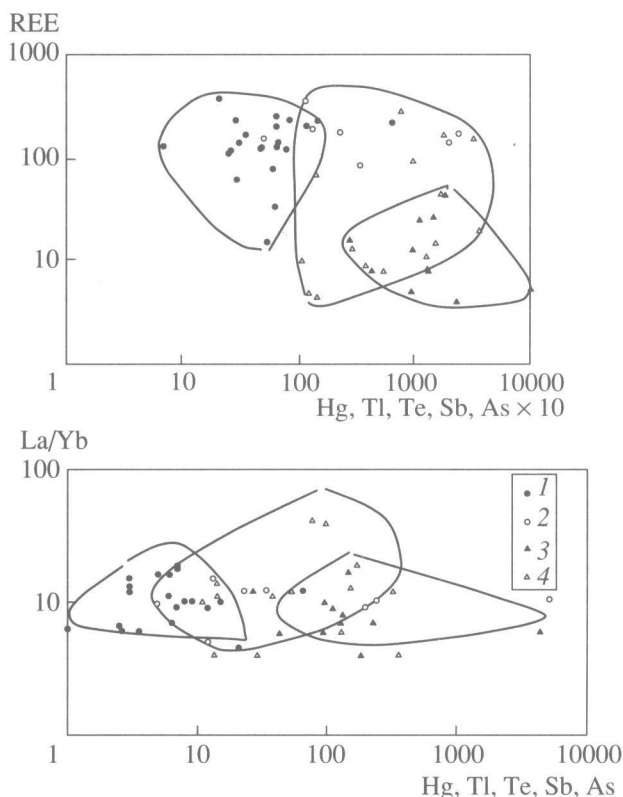
Задачей исследования раннедиагенетических конкреций (фосфориты, марказиты, пириты, сидериты) является объяснение отмеченной ранее геохимической специализации отдельных ареалов распространения фосфоритов [1] и геохимические различия в составе диагенетических минералов железа. Главными факторами формирования осадочных отложений и раннедиагенетических образований в платформенных условиях считаются тип литогенеза и положение на фациальном профиле седиментации, при этом не учитываются особенности проницаемости земной коры на различных этапах формирования чехла и пространственная приуроченность конкреций к различным структурам фундамента (мегаблокам, мезоблокам, зонам разрывных нарушений первых порядков).

Для решения поставленной задачи в пределах Воронежской антеклизы были изучены фосфориты сеноманского яруса верхнего мела и разновозрастные конкреции минералов железа осадочного чехла, приуроченные к разным структурам фундамента. В области развития Ливенско-Богучарской шовной зоны (нарушение первого порядка) рассмотрены шесть образцов фосфоритов и 14 конкреций минералов железа (пириты, марказиты, сидериты) из отложений среднего и верхнего девона, нижнего и верхнего мела. В пределах Курского и Воронежского блоков фундамента проанализированы 23 образца фосфоритов и 12 минералов железа (пириты, марказиты) из отложений нижнего карбона, средней юры, нижнего и верхнего мела и предположительно антропогена.

При изучении химических особенностей конкреций рассмотрены характер распределения элементов;  $\Sigma\text{REE}$ ;  $\text{La/Yb}$  – мера соотношения легких и тяжелых лантаноидов;  $\text{Eu/Eu}^*$  – показатель влияния глубинного вещества, поступающего как за счет вещества глубинных флюидов, так и про-

дуктов разрушения пород основного и ультраосновного составов фундамента [2, 3]. Редкоземельные (REE) и микроэлементы определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) в лаборатории ИГЕМ РАН. Содержания микроэлементов и REE в конкрециях нормированы к глинам платформ [2, 4].

Для фосфоритов среднее значение  $\text{La/Yb} = 10.4$ , среднее  $\Sigma\text{REE} 168.5$  г/т, что близко к  $\Sigma\text{REE}$  в глинах платформ (199 г/т) [2], среднее  $\text{Eu/Eu}^* = 0.83$ , что приближается к среднему содержанию в фанерозойских осадочных породах ( $\text{Eu/Eu}^* = 0.61\text{--}0.72$ ) [5]. При анализе распределения элементов в фосфоритах можно выделить три группы. Фосфориты 1-й группы (6 образцов), приуроченные к площади Ливенско-Богучарской зоны, характеризуются высокими содержаниями подвижных элементов: As (10.0–78.9 г/т), Sb (3.1–4.4 г/т), Te (0.2–25 г/т), Hg (0.7–1.8 г/т), Tl (0.2–2.7 г/т); самородных – Au (1.1–4.7 г/т), Ag (1.1–8.4 г/т), Pt (0.1–0.36 г/т); литофильных и халькофильных – Be, V, Sc, Zn (до 419 г/т), Ga (до 86 г/т), Nb, Sn (до 5.8 г/т), Pb, Bi; несколько повышенными – Cu, Zr, Mo, Hf, Pb. Для 3 образцов характерны аномально высокие значения  $\text{Eu/Eu}^*$  (0.94–1.21–1.78 соответственно). Фосфориты 2-й группы (2 образца), приуроченные к разрывным нарушениям второго–третьего порядков и интрузивным образованиям фундамента, характеризуются высокими содержаниями самородных: Au (0.37–0.41 г/т), Ag (до 0.6 г/т); повышенными и слабо повышенными: V, Sc, As (до 239 г/т), Rb (до 33 г/т), Zr, Sn (до 2.5 г/т), Te, Ba, Hf, W, Hg, Tl, Pb, Bi; имеют высокие значения  $\text{Eu/Eu}^*$  (1.33–1.37). Фосфориты 3-й группы, развитые в пределах жестких участков мегаблоков фундамента, расположенные вдали от разрывных нарушений первых порядков, в целом характеризуются незначительными повышенными содержаниями Se, Ag, Cd, Au, U. При сравнении содержаний микроэлементов изученных фосфоритов с пластовыми фосфоритами датского яруса палеоцена (район г. Рыльска) и юры (Кимовское месторождение), желваковыми фосфоритами сеноманского яруса (Щигровское и Полпинское ме-



**Рис. 1.** Бинарные диаграммы для конкреций фосфоритов, марказитов, пиритов, сидеритов в системах:  $\Sigma\text{REE}-\Sigma(\text{Hg}, \text{Tl}, \text{Te}, \text{Sb}, \text{As})$ ;  $\text{La}/\text{Yb}-\Sigma(\text{Hg}, \text{Tl}, \text{Te}, \text{Sb}, \text{As})$  для характеристики проницаемости коры различных структурных элементов платформ. 1, 2 – фосфориты, приуроченные к блокам фундамента (1) и к разрывным нарушениям первых порядков (2); 3, 4 – минералы железа, приуроченные к блокам фундамента (3) и к разрывным нарушениям первых порядков (4).

сторождения [6, 7]), отмечается, что фосфориты 1-й группы по содержанию Cu, Zn, Ga, As, Ag, Au значительно превосходят фосфориты названных месторождений.

**Таблица 1.** Средние значения геохимических отношений ( $\Sigma\text{REE}$ ,  $\text{La}/\text{Yb}$ ,  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$ ) для конкреций минералов железа (в пределах Воронежской антеклизы)

Возраст	Число обр.	$\Sigma\text{REE}$	$\text{La}/\text{Yb}$	$\text{Eu}/\text{Eu}^*$
Область Ливенско-Богучарской шовной зоны				
D <sub>2-3</sub>	8	80.86	19.66	1.95
K <sub>1n</sub>	1	70.31	13.44	0.96
K <sub>2st</sub>	1	159.3	12.73	0.78
K <sub>1a</sub>	4	10.85	10.71	18.81
Курский и Воронежский блоки фундамента				
J <sub>3</sub>	6	15.9	10.31	11.72
K <sub>1-2a-s</sub>	4	19.41	5.46	7.89
C <sub>1v</sub>	1	4.02	7.0	1.0
Q	1	5.3	5.48	1.39

Содержание  $\Sigma\text{REE}$  в пиритах и марказитах (табл. 1) в пределах Воронежской антеклизы значительно ниже, чем в фосфоритах, глинистых породах и осадочном чехле Русской плиты в целом (112.02 г/т) [8]. Однородный (без терригенных примесей) состав изученных конкреций свидетельствует о сорбционном характере входящих в них лантаноидов [9]. В связи с различными механизмами образования раннедиагенетических конкреций железа (собственно диагенетические и вторичные – за счет метасоматических процессов), большим возрастным, площадным и минеральным разнообразием для них характерен широкий спектр повышенных содержаний микроэлементов и различия в распределении REE. На геохимию минералов железа влияет как состав вмещающих пород (конкреции из песчано-глинистых отложений имеют более широкий набор повышенных содержаний элементов-примесей по сравнению с конкрециями из карбонатных отложений), так и пространственная приуроченность к различным структурам фундамента (конкреции, расположенные в пределах Ливенско-Богучарской шовной зоны, более разнообразны по содержанию элементов, чем развитые в пределах блоков фундамента).

Более чувствительными индикаторами проницаемости коры для минералов железа являются подвижные элементы (Hg, Te, Tl, Sb, As) и REE. Конкреции, развитые в пределах шовной зоны, имеют повышенные значения  $\Sigma\text{REE}$  и  $\text{La}/\text{Yb}$  (табл. 1);  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  в данном случае не может выступать индикатором проницаемости коры из-за образования марказитов непосредственно по растительным остаткам, являющихся сорбентом микроэлементов (особенно для отложений юры и мела).

Обогащение конкреций фосфоритов и минералов железа микроэлементами происходит за счет вещества глубинных флюидов, связанных с зонами долгоживущих нарушений на границах структурных элементов фундамента или разломами первых порядков внутри крупных блоков. Источником повышенных концентраций элементов являются проявления золоторудной, платиноидно-золоторудной и свинцово-цинковой минерализаций, приуроченные к высокоуглеродистым сульфидизированным и карбонатсодержащим сланцам архейско-протерозойского фундамента и магматическим комплексам различного петрографического состава [10–12]. Данный механизм образования повышенных концентраций микроэлементов в конкрециях наиболее подходит для данного региона платформы, где влияние эпигенетических процессов на изменение геохимии осадочных пород из-за малой мощности чехла незначительно.

Для определения влияния зон повышенной проницаемости коры (области растяжения–сжатия) на геохимию конкреций применены бинар-

ные диаграммы в системах:  $\Sigma\text{REE}-\Sigma(\text{Hg}, \text{Tl}, \text{Te}, \text{As}, \text{Sb})$ ,  $\text{La/Yb}-\Sigma(\text{Hg}, \text{Tl}, \text{Te}, \text{As}, \text{Sb})$  [13, 14]. На диаграммах обособляются поля конкреций различного состава, приуроченные к жестким блокам фундамента и зонам развития тектонических нарушений фундамента первых порядков (рис. 1).

В заключение можно сделать выводы: на геохимию микроэлементов в раннедиагенетических конкрециях влияет пространственная приуроченность к структурам фундамента; диаграммы в системах  $\Sigma\text{REE}-\Sigma(\text{Hg}, \text{Tl}, \text{Te}, \text{As}, \text{Sb})$ ,  $\text{La/Yb}-\Sigma(\text{Hg}, \text{Tl}, \text{Te}, \text{As}, \text{Sb})$  позволяют выделять поля конкреций, развитые в пределах структурных элементов платформы с различной проницаемостью коры; REE и высокоподвижные элементы являются надежными индикаторами зон повышенной проницаемости коры, могут быть использованы для целей геодинамического и минерагенического анализов.

Работа выполнена при поддержке федеральной президентской программы "Интеграция" (проект КО-335).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балашиов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.
2. *Балашиов Ю.А.* Изотопно-геохимическая эволюция мантии Земли. М.: Наука, 1985. 221 с.
3. *Виноградов А.П.* // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
4. Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия / Под ред. Н.В. Межеловского. М.: М-во природ. ресурсов РФ, РАН; Геокарт; Рос-Geo. 1999. 399 с.
5. *Ронов А.Б., Мигдисов А.А.* // Литология и полез. ископаемые. 1996. № 5. С. 451–475.
6. *Сиротин В.И., Бугельский Ю.Ю., Новиков В.М., Слукин А.Д.* // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. 2000. № 5 (10). С. 47–52.
7. *Холодов В.Н., Блисковский В.З.* Литология фосфоритоносных отложений. М.: Наука, 1976. С. 29–42.
8. *Чернышов Н.М.* // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. 1996. № 1. С. 5–20.
9. *Чернышов Н.М., Коробкина Т.В., Лапутина И.П.* // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. 1996. № 3. С. 56–65.
10. *Шатров В.А., Войцеховский Г.В., Зеленская А.Н.* // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. 2000. № 3 (9). С. 95–101.
11. *Шатров В.А., Сиротин В.И., Бугельский Ю.Ю. и др.* // Материалы междунар. конф. "Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов". Воронеж, 2001. С. 214–215.
12. *Шатров В.А., Бугельский Ю.Ю., Новиков В.М. и др.* // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. 2001. № 11. С. 77–83.
13. *Ясырев А.П.* // Тр. ЦНИГРИ. 1967. В. 72. С. 200–203.
14. *Ясырев А.П.* // Литология и полез. ископаемые. 1964. № 3. С. 66–76.