

УДК 552.11:549

ПЕТРОЛОГИЯ И ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ПОРФИРОВЫХ СИСТЕМ**Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина,
Бийск, e-mail: anzerg@mail.ru*

Рассмотрены физико-химические параметры гаматогенных флюидов порфировых систем различных геодинамических обстановок. Показаны отличия в характере развития и изменения флюидного режима различных по масштабу оруденения порфировых месторождений. Высказано предположение о важной роли возникновения неустойчивости в литосфере, астеносфере и более глубоких геосфер с участием плюмтектоники при формировании крупных порфировых систем.

Ключевые слова: петрология, флюидный режим, порфировые системы, молибден, медь, золото.

PETROLOGY AND FLUID REGIME OF PORPHYRE SYSTEMS**Gusev A.I.***The Altay state Academy of education of V.M. Shukshin, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Physico-chemistry parameters of magmatogenic fluids of porphyry systems are discent in different geodynamic settings. Distinctions in character of evolution and change of fluid regime of different on scale ore mineralization porphyre systems. Assumption about important role of origine instability in losphere and astenosphere and more deep geospheres with participation plumtectonic for forming big porphyre systems.

Keywords: petrology, fluid regime, porphyre systems, molibdenium, copper, gold

Классификация порфировых образований, предложенная А.И. Кривцовым [2], основанная на геосинклинальной концепции, включала 4 типа магмо-рудно-метасоматических систем (МРМС): I – гранит-порфиры и месторождения существенно молибденового состава андезитовидных вулканоплутонических поясов (ВПП) эпикратонного типа; II – порфировый магматизм (гранодиорит-порфиры, монзонит-порфиры) и медно-молибден-порфировое оруденение андезитовидных ВПП эпимеогеосинклинального типа; III – гранодиорит-порфиры и существенно медные месторождения внутренних частей андезитовидных ВПП эпизевгеосинклинального типа; IV – кварцевые диоритовые порфириты, плагиогранит-порфиры с медным и медно-золото-порфировым оруденением базальтоидных ВПП эвгеосинклинального типа. Различные состав магматитов и их тектоническая приуроченность предопределили специфику петрологических особенностей, флюидного режима и оруденения порфировых систем.

За последние годы накоплены новые данные по геологическому и тектоническому контролю порфирового оруденения, выявлены важные факторы флюидного режима рудогенерирующего магматизма на масштаб оруденения. Современная классификация медно-молибден-порфировых систем выполнена на плитотектонической основе, с также учитывает влияние плюмтектоники [4].

Оценка некоторых параметров флюидного режима выполнялась по составу биотита магматических пород с использованием экспериментальных и теоретических работ Д. Уонза и Х. Эйгстера [13],

С. Бэрнхема, Дж. Холловея, Н. Дэвиса [10], Л.Л. Перчука [8], И.Д. Рябчикова [9], Д. Якобса, В. Пэрри [11], Ф.А. Летникова, А.Н. Леонтьева, Т.П. Гантимуровой [6], Дж. Манза, А. Свенсона [12]. Оценка общего давления и температуры кристаллизации магм осуществлялась по независимым методам Н.А. Панеяха, М.Е. Фёдоровой [7], и Д. Уонза, Х. Эйгстера [9]. Для генерирующих гранитоидов проведена количественная оценка концентраций фтора в магматогенных флюидах с применением биотитового геофториметра, разработанного А.М. Аксюк [1].

Изучение порфировых систем показало, что на многих из них регистрируются многофазные образования, представленные интрузивными массивами, штоками, дайками. Нередко наиболее тесные пространственные и парагенетические связи оруденения выявляются с дайковыми образованиями среднего и кислого состава, сопровождающие интрузии порфировых систем главных фаз внедрения.

Реставрация петрологических параметров становления порфировых систем по авторским и литературным данным позволяет наметить основные Т-Р условия: температуры кристаллизации пород варьировали в широком диапазоне от 550 до 930 °С, давления от 1,5 до 3,5 кбар. Соотношения изотопов стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в магматических породах колеблются от 0,70310 до 0,70800, указывая на довольно неоднородный источник рудогенерирующих порфировых магм, мантийные метки и и различную степень мантийно-корового взаимодействия, мантийно-коровое взаимодействие магм в

глубинных очагах. Такое мантийно-коровое взаимодействие могло проходить и в режиме контаминации различных по составу магм, а также в режиме флюид-расплавное взаимодействие.

Некоторые параметры флюидного режима анализируемых систем приведены согласно современным геодинмическим обстановкам их формирования в таблице.

Параметры флюидного режима некоторых порфировых систем (фугитивности и парциальные давления даны в килобарах)

МРМС, Местоположение	T	f O ₂	f HF	f H ₂ O	p H ₂ O	p CO ₂	M _{HF}	K _{вос}	y
<i>Анорогенные</i>									
Сора, Кузнецкий Алатау	700	-7,1	-0,2	1,3	1,5	1,5	0,0153	0,11	190,5
	750	-5,0	-2,9	1,1	1,3	0,7	0,0878	0,18	191,4
Хендерсон, Колорадо, США	850	-2,5	-0,2	3,2	1,1	0,6	0,0152	0,12	185,6
	550	-3,9	-0,7	3,8	1,4	0,9	0,0703	0,10	184,4
Клаймакс, Колорадо, США	860	-2,7	-0,3	3,1	1,2	0,8	0,0134	0,13	186,1
	610	-3,1	-0,6	3,9	1,7	1,2	0,820	0,11	183,2
Каджаран, Малый Кавказ	930	-7,1	-2,68	1,12	1,1	1,8	0,0297	0,41	189,9
	870	-8,4	-2,98	1,54	1,6	2,3	0,0355	0,53	191,8
<i>Активных континентальных окраин</i>									
Санта-Рита Нью-Мексико, США	745	-13,8	-1,3	1,0	1,2	0,8	0,0037	0,13	189,6
	780	-12,6	-1,5	0,9	1,0	0,7	0,0702	0,12	188,7
	650	-13,6	-0,8	1,2	1,1	1,3	0,0930	0,18	190,8
Бингхем, Провинция Бассейнов и Хребтов, США	910	-3,6	-2,8	1,1	1,2	1,8	0,0174	0,14	188,8
	860	-5,4	-3,2	1,6	1,9	2,3	0,0906	0,34	192,6
Жирекен, Восточное Забайкалье	860	-6,8	-3,0	0,7	0,8	0,9	0,0088	0,64	186,2
	880	-8,0	-3,1	0,8	0,91	1,1	0,0184	0,68	188,1
Чукикамата, Чили	880	-5,5	-2,6	1,3	1,1	1,0	0,0075	0,19	187,2
	720	-6,3	-3,1	1,7	1,9	1,8	0,0970	0,33	190,7
Кульбич, Горный Алтай	590	-10,5	-3,8	0,4	2,4	0,6	0,0386	0,08	196,8
<i>Орогенные</i>									
Аксуг, Тува	770	-6,8	-2,6	0,9	0,95	1,05	0,0493	0,21	187,3
	870	-7,5	-1,8	0,8	0,75	0,8	0,0065	0,18	185,4
Эль-Сальвадор, Чили	890	-8,6	-0,5	2,3	1,8	1,7	0,0475	0,22	187,4
	780	-9,7	-0,1	2,5	2,2	2,5	0,0956	0,33	191,2
Эрдэнуин-Обо, Монголия	810	-5,5	-0,2	2,7	1,9	1,6	0,0112	0,21	186,5
	740	-7,3	-0,1	2,5	2,1	2,2	0,0052	0,30	190,3
<i>Островодужные</i>									
Бошекуль, Казахстан	820	-7,7	-3,04	0,76	0,92	1,02	0,0171	0,37	188,4
	770	-8,9	-2,1	1,2	1,7	2,1	0,0450	0,43	190,6
Салаватская, Урал	910	-8,5	-3,5	1,2	1,1	1,3	0,0205	0,54	186,3
	850	-9,5	-2,1	1,5	1,6	1,9	0,0340	0,61	188,2

Примечание: T °C – температура кристаллизации; lg fO₂ – логарифм фугитивности кислорода; fHF, fH₂O – фугитивности плавиковой кислоты и воды; pH₂O, pCO₂ – парциальное давление воды и углекислоты; K_{вос} – коэффициент восстановленности флюидов; M_{HF} – концентрации плавиковой кислоты во флюидах в моль/дм³; y – потенциал ионизации биотита по В.А. Жарикову.

Параметры флюидного режима проанализированы для медно-молибден-порфировых систем, сгруппированы согласно принятым геодинмическим обстановкам их генерации. Нередко на простые плейттектонические условия накладывалось влияние плюмовой составляющей.

Значительная часть медно-молибден-порфировых систем связана с гранитои-

дами эпикратонных (анорогенных) порфировых систем относятся к А₁-типу. Это субсолвусные двуполевошпатовые умеренно-щелочные граниты. В группе порфировых систем анорогенного типа на фоне снижения температур кристаллизации более поздних фаз и повышения их фтористости выделяются два подтипа, различающиеся характером развития основных па-

раметров анализируемых систем. Первый из них включает Сорскую и Каджаранскую МРМС, в которых от ранних фаз к поздним происходило нарастание восстановленности магматогенных флюидов и кислотности среды. Ко второму подтипу относится более крупные по продуктивности МРМС Хендерсон и Клаймакс, для которых эволюция флюидного режима на магматогенном этапе имеет противоположную направленность от ранних фаз к поздним – снижение восстановленности флюидов и нарастание их щёлочности.

Подавляющая часть медно-молибден-порфировых систем, связанная с гранитоидами активно континентальных окраин, включает в себя весьма различные группы МРМС. Среди них выделяются гранитоиды I типа (Санта-Рита), A₁-типа (Кульбич), а также гранитоиды I типа повышенной щёлочности, обнаруживающие сходство с образованиями латитовой серии (Бингхем, Жирекен). В группе активно-континентальных окраин порфировых объектов намечается своя неоднородность эволюции систем. Часть из них развивалась в направлении снижения температур кристаллизации от ранних к поздним интрузивным фазам (Санта-Рита, Бингхем, Чукикамата). В них происходит нарастание парциальных давлений воды и углекислоты, заметное увеличение концентраций плавиковой кислоты во флюидах, их восстановленности и кислотности среды. Указанные параметры связываются нами с участием привноса в МРМС трансмагматических флюидов, связанных с более глубокими горизонтами мантии и участием плюмтектоники.

В отличие от них Жирекенская МРМС развивалась в направлении повышения температуры кристаллизации более поздних продуктивных интрузивных фаз, снижения восстановленности флюидов и повышение основности среды. Следует отметить, что во флюидах рудогенерирующих гранитоидов, близких к латитовой серии (Бингхем, Жирекен), характерны повышенные концентрации комплексов бора, участвовавших в переносе металлов. Аналогичная закономерность – значительное повышение концентраций бора во флюидах заключительных фаз рудогенерирующих магматитов латитовых серий, принимавших участие в переносе золота, меди и других металлов в растворах, выявлена для порфировых систем Горного Алтая и Забайкалья (Гусев, 2003).

Аналогичные подтипы выделяются и среди эпизевгеосинклинальных или коллизионных систем, хотя в них рудогенерирующие гранодиорит-порфиры и гранит-порфиры относятся к единому I-типу

гранитов. Более крупная по запасам система Эль-Сальвадор развивалась в направлении снижения температур кристаллизации поздних интрузивных фаз, заметном увеличении парциальных давлений, фугитивностей воды, углекислоты, плавиковой кислоты. Такая же тенденция отмечается и для восстановленности флюидов, концентраций плавиковой кислоты во флюидах при нарастании кислотности среды. Мелкая по продуктивности система Аксуг характеризуется прямо противоположными тенденциями изменения параметров флюидного режима на фоне повышения температуры кристаллизации поздних интрузивных фаз (см. таблицу). В поздних интрузивных фазах Аксугской МРМС наблюдается снижение летучестей и парциальных давлений воды, углекислоты, плавиковой кислоты, концентраций фтора во флюидах, восстановленности флюидов и повышение основности среды.

Рудогенерирующие порфировые кварцевые диориты и плагиограниты островодужного типа относятся к I- и M-типам гранитов. В эволюции систем этих типов однонаправленный тренд снижения температур кристаллизации поздних интрузивных фаз коррелируется с увеличением значений парциальных давлений, летучестей воды, углекислоты, плавиковой кислоты, концентраций фтора во флюидах и кислотности среды. В медно-золото-порфировых системах во флюидах важную роль приобретают комплексы хлора, являющиеся основными транспортирующими агентами золота во флюидах (Гусев, 2003).

Таким образом, порфировые системы характеризуются сложной эволюцией изменения параметров T-P, флюидного режима, оказывающих влияние на их продуктивность. Увеличение парциальных давлений и летучестей углекислоты, повышение восстановленности флюидов заключительных фаз функционирования порфировых систем, резкое увеличение концентраций HF во флюидах можно связывать с открытостью систем по фтору, углекислоте и другим летучим компонентам, которые привносились в глубинные магматические очаги трансмагматическими растворами из мантии с участием плюмтектоники. Следовательно для формирования крупных порфировых МРМС необходимо несколько условий: 1 – резкая нестабильность литосферы и астеносферы, 2 – мощный импульс магмофлюидодинамических систем астеносферы и более глубоких сфер с участием плюмтектоники.

Более крупным по запасам системам свойственны открытые условия по фтору,

углекислоте, на заключительных стадиях развития которых осуществлялся привнос летучих компонентов трансмагматическими флюидами всех основных ингредиентов. Золото-обогащённым порфировым системам свойственны повышенные содержания и фугитивности соляной кислоты относительно других флюидных компонентов, таких как плавиковая кислота борные соединения и другие.

Список литературы

1. Аксюк А.М. // Петрология. – 2002. – т.10, №6. – С. 630–644.
2. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск. Изд-во STT, 2003. – 308 с.
3. Жариков В.А. // Геология рудных месторождений. – 1967. – №5. – С. 75–89.
4. Коробейников А.Ф., Гусев А.И. // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – т 315, №, 1. – С. 18–25.
5. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. – М., Недра, 1983. – 125 с.
6. Летников Ф.А., Леонтьев А.Н., Гантимурова Т.П. Флюидный режим гранитообразования. – Новосибирск, Наука, 1981. – 185 с.
7. Панях Н.А., Фёдорова М.Е. // Вестник МГУ. Сер. Геология. – 1973. – №9. – С. 94–99.
8. Перчук Л.Л. Термодинамический режим глубинного петрогенезиса. – М., Наука, 1973. – 318 с.
9. Рябчиков И.Д. Физико-химический анализ условий отделения рудоносных растворов из гранитных магм / Источники рудного вещества эндогенных месторождений. – М., 1974. – С. 30–33.
10. Burnham C.W., Holloway J.R., Devis N.F. // Geol. Soc. Amer. Spec. Paper. – 1969. – Vol. 132. – P. 96–115.
11. Jacobs D.C., Parry W.T. // Econ. Geology. – 1979. – Vol. 74, №4. – P. 860–887.
12. Munoz J.L., Svenson A. // Econ. Geol. – 1981. – Vol. 76, №8. – P. 2212–2221.
13. Wones R.D., Eugster H.P. // Amer. Mineral. – 1965. – Vol. 50, №9. – P. 1228–1272.