

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ U-V-БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ОНЕЖСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

**Соколов С.В., Макарова Ю.В.**

*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского, г. Санкт-Петербург, e-mail: Sergey\_Sokolov@vsegei.ru, Yuliya\_Makarova@vsegei.ru*

Рудно-метасоматическая формация, проявленная на месторождениях Онежского рудного района, по геолого-структурным, минералого-геохимическим и возрастным характеристикам относится к формации щелочных метасоматитов зон глубинных разломов [Леденева, Пакульнис, 1997]. Рудообразующий гидротермально-метасоматический процесс в районе протекал в четыре стадии с последовательным образованием дорудных натровых метасоматитов, предрудных калиевых метасоматитов с хром-ванадиевой специализацией, рудных жил с телескопированными ассоциациями: гематит-кварц-доломит-слюдистой с сульфидами, урановорудной и сульфо-селенидной с благородными металлами и пострудной кварц-карбонат-флюоритовой.

Многостадийность образования гидротермально-метасоматической системы, широко проявленные явления телескопирования в пространстве рудных образований различных стадий определили большое разнообразие геохимической специализации продуктивных минеральных ассоциаций и, соответственно, природных типов онежских руд, а также наличие сложных взаимопереходов между отдельными типами. В этой связи геохимическая типизация рудной минерализации месторождений Онежского рудного района возможна только на количественной основе с использованием характеристик химического состава и количественных соотношений содержаний главных и типоморфных компонентов руд.

Для изучения химического состава комплексного U-V-благороднометалльного оруденения Онежского рудного района были отобраны дубликаты 174 проб из керна скважин месторождений Космозерское, Средняя и Верхняя Падма. Пробы были проанализированы в Центральной лаборатории ФГУП ВСЕГЕИ количественными методами – масс-спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) на MgO, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, V, Cr, MnO, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, W, Pb, Bi, U, Re и атомно-абсорбционным анализом на Au, Pt, Pd. Для каждой пробы определялись кларки концентрации (КК) вышеуказанных элементов, далее строились ранжированные геохимические ряды по значениям КК и рассчитывались геохимические коэффициенты – индикаторы различных типов минерализации. В качестве таких коэффициентов использовались следующие: U/V, Cu+Pb+Zn+Bi+Mo ( $\Sigma S$ ), Cr/V.

По уран-ванадиевому отношению (в КК) минерализация в районе разделилась на два типа: уран-ванадиевую ( $U/V > 2$ ) и собственно ванадиевую ( $U/V < 2$ ). По коэффициенту сульфидности ( $\Sigma S$ ), как суммы КК сульфидообразующих элементов, по классификации Н.В. Петровской выделяются три группы:  $\Sigma S < 20$  – убогосульфидные,  $\Sigma S = 20-200$  – малосульфидные и  $\Sigma S > 200$  – сульфидные руды. Критические значения для обозначенных выше групп по сульфидности оценены на основе изучения распределения значений коэффициента  $\Sigma S$  по его интервалам с построением соответствующей гистограммы [Соколов, 1998]. Как видно из рисунка, гистограмма этого коэффициента имеет полимодальный облик, где минимумы значений  $\Sigma S$  являются граничными между выделенными группами сульфидности руд (20, 200).

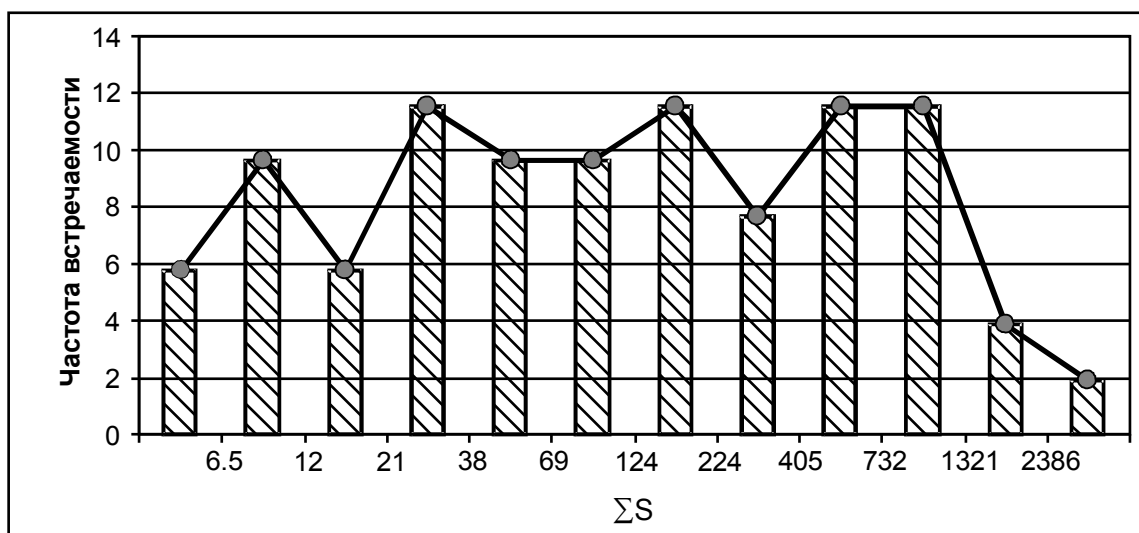


Рис. Распределение значений коэффициента сульфидности Cu+Pb+Zn+Bi+Mo ( $\Sigma S$ )

По этим данным с использованием ранжированных геохимических рядов химических элементов и вышеуказанных геохимических коэффициентов выделены 7 однородных по составу геохимических выборок и соответствующих им геохимических типов – геохимических эквивалентов минеральных ассоциаций (подтипов минерализации) (таблица). Эти подтипы минерализации объединены в 3 типа: **уран-ванадиевый**, собственно **ванадиевый** с подчиненным значением урана и **сульфидный** с невысокими содержаниями как урана, так и ванадия.

**1. Уран-ванадиевый тип минерализации** характеризуется высокими содержаниями как урана, так и ванадия, их отношением больше 1, повышенными содержаниями висмута и серебра, а также свинца, переменными содержаниями благородных и сульфидообразующих элементов. По уровню содержаний и составу последних выделяются три подтипа уран-ванадиевой минерализации.

*Уран-ванадиевый малосульфидный подтип минерализации в карбонат-кварц-альбитовых, слюдисто-альбитовых метасоматитах (уран-ванадиевый геохимический тип).* Подтип характеризуется невысокими содержаниями сульфидообразующих элементов и значениями  $\Sigma S$ , соответствующими мало- и убогосульфидной минерализации. Среди этих элементов повышенными содержаниями характеризуются висмут, свинец и никель при субфоновых – меди и молибдена.

*Уран-ванадий-благороднометалльный сульфидный подтип минерализации в кварц-роскоэлитовых метасоматитах с карбонат-настуран-роскоэлитовыми прожилками (уран-ванадий-благороднометалльно-полиметаллический геохимический тип).* Эта минерализация характеризуется совместным накоплением урана, ванадия, палладия, свинца, висмута и хрома с переменным количеством золота. Типоморфными элементами, отличающимися в рассматриваемом типе эту минерализацию от других, являются высокие, вплоть до промышленных, содержания палладия и золота. Сумма кларков концентрации сульфидообразующих элементов Cu+Pb+Zn+Bi+Mo наиболее высока и соответствует сульфидной минерализации. Эта комплексная минерализация в Онежском рудном районе является наиболее продуктивной и промышленно значимой.

*Медно-урановый сульфидный подтип минерализации в карбонатных прожилках с сульфидами (медно-молибден-урановый геохимический тип).* Для этой минерализации в отличие от двух предыдущих типов характерны резко повышенные содержания меди, относительно невысокие урана и ванадия, переменные, но в целом высокие – молибдена, а также высокие марганца и кальция.

Таблица

## Геохимическая типизация U-V-благороднометалльного оруденения Онежского рудного района

Минерализация		Рудоносные образования	Геохимический тип	Типоморфные элементы	Ранжированный ряд элементов (КК≥1)	Индикаторные значения коэффициентов (в знаменателе – среднегеометрическое)		
Тип	Подтип минерализации					U/V	∑S*	Cr/V
						Уран-ванадиевый	Уран-ванадиевый, малосульфидный	Карбонат-кварц-альбитовые, слюдисто-альбитовые метасоматиты
Уран-ванадий-благороднометалльный сульфидный	Кварц-роскоэлитовые метасоматиты с карбонат-настуран-роскоэлитовыми прожилками	U-V-Pd-Au-Pm	U, V, Pd, Au, Ag, Pb, Bi, Cr	<u>U</u> <u>Ag</u> <u>Pd</u> <u>V</u> <u>Bi</u> <u>Pb</u> <u>Au</u> <u>Cr</u> <u>Cu</u> <u>Mo</u> 3156 536 390 327 251 174 95 54 15 10 <u>S</u> <u>Zn</u> <u>Ni</u> <u>Pt</u> <u>Sb</u> <u>Re</u> <u>Co</u> <u>Ca</u> <u>Ti</u> <u>Fe</u> 9.3 8.8 7.2 6.6 2.6 2.4 2.1 2.1 1.1 1.0	<u>1-2000</u> 10		<u>400-3800</u> 460	<u>≤2</u> 0.2
Медно-урановый сульфидный	Карбонатные прожилки с сульфидами	Cu-Mo-U	Cu, U, Mo(Ca, Mn, Ag, V, Bi)	<u>Cu</u> <u>U</u> <u>Ag</u> <u>V</u> <u>Bi</u> <u>S</u> <u>Mo</u> <u>Ca</u> <u>Mn</u> <u>Pb</u> 443 345 42 37 14 9.8 8.9 8.9 7.4 6.4 <u>Au</u> <u>Co</u> <u>Cr</u> <u>Zn</u> <u>Ni</u> <u>Pd</u> <u>Pt</u> 5.1 2.7 2.1 2.0 1.8 1.2 1.0	<u>2-50</u> 9.1		<u>120-2500</u> 475	<u>≤2</u> 0.06
Ванадиевый	Ванадиевый, сульфидный	Кварц-слюдистые метасоматиты с сульфидами	V-Pm	V, Cu, Zn (Bi, Ag)	<u>V</u> <u>Cu</u> <u>Zn</u> <u>Bi</u> <u>U</u> <u>Ag</u> <u>Cr</u> <u>Pb</u> <u>Ni</u> <u>Au</u> 479 124 68 35 29 28 10 10 8.9 7.3 <u>Pd</u> <u>S</u> <u>Co</u> <u>Mo</u> <u>Ti</u> <u>Pt</u> 7.1 3.3 2.3 1.4 1.1 1.0	<u>0.01-0.5</u> 0.1	<u>200-1000</u> 240	<u>≤2</u> 0.02
	Ванадиевый, убогосульфидный	Слюдистые метасоматиты	V	V(U, Cr)	<u>V</u> <u>U</u> <u>Cr</u> <u>Cu</u> <u>Ag</u> <u>Zn</u> <u>Bi</u> <u>Ni</u> <u>Ca</u> <u>Pb</u> 345 22 12 4.0 3.7 3.1 2.9 2.8 1.7 1.7 <u>Co</u> <u>Pd</u> <u>S</u> <u>Pt</u> 1.3 1.2 1.2 1.0	<u>0.01-1</u> 0.1	<u>4-100</u> 12	<u>≤2</u> 0.04
	Хром-ванадиевый, малосульфидный	Хром-фенгит-роскоэлитовые калиевые метасоматиты	Cr-V	Cr, V(K, Fe, U, Ti)	<u>Cr</u> <u>V</u> <u>U</u> <u>Zn</u> <u>Pd</u> <u>Bi</u> <u>Ni</u> <u>Co</u> <u>Ag</u> 2884 422 120 14 13 13 6.7 4.1 3.4 <u>Pb</u> <u>Cu</u> <u>Sb</u> <u>Ti</u> <u>Au</u> <u>Fe</u> <u>K</u> <u>Pt</u> 3.3 2.1 1.8 1.8 1.6 1.4 1.4 1.0	<u>0.04-2</u> 0.3	<u>10-534</u> 33	<u>2-30</u> 7
Сульфидный	Медный, малосульфидный - сульфидный	Альбит-карбонат-кварцевые метасоматиты с сульфидами	Cu	Cu(Ca, Mg)	<u>Cu</u> <u>S</u> <u>Ca</u> <u>V</u> <u>Mn</u> <u>Bi</u> <u>Ag</u> <u>Zn</u> <u>Cr</u> <u>U</u> 207 23 7.2 3.7 2.9 2.8 2.8 2.1 2.1 1.7 <u>Ni</u> <u>Co</u> <u>Mo</u> <u>Ba</u> <u>Au</u> <u>Pt</u> <u>Pd</u> 1.7 1.4 1.3 1.1 1.0 1.0 1.0	не рассчитывалось	<u>5-800</u> 214	<u>≤2</u> 0.6

**2. Ванадиевый тип минерализации** характеризуется высокими содержаниями ванадия, повышенными урана, их отношением меньше 1, в переменных повышенных содержаниях отмечаются хром, цинк, висмут, медь и серебро. По уровню содержаний и составу последних выделяются три подтипа ванадиевой минерализации.

**Ванадиевый сульфидный подтип минерализации в кварц-слюдистых метасоматитах с сульфидами (ванадий-полиметаллический геохимический тип).** Для этого типа характерны, в первую очередь, высокие коэффициенты концентрации ванадия, меди и цинка, а также повышенные – висмута, серебра, в меньшей степени, хрома, свинца и никеля. Сумма кларков концентрации сульфидообразующих элементов (среднегеометрическое – 240) соответствует сульфидной минерализации.

**Ванадиевый убогосульфидный подтип минерализации в слюдистых метасоматитах (ванадиевый геохимический тип).** Эта минерализация характеризуется близким к выше рассмотренному подтипу уровнем концентрации ванадия и значениями уран ванадиевого отношения, но отличается крайне низкими значениями коэффициента сульфидности (среднегеометрическое – 12). Фактически этот тип является убогосульфидным аналогом предыдущего типа.

**Хром-ванадиевый малосульфидный подтип минерализации в хром-фенгит-роскоэлитовых калиевых метасоматитах (хром-ванадиевый геохимический тип).** Для этого подтипа характерны, в первую очередь, высокие коэффициенты концентрации хрома и ванадия, их отношение больше 2, а также повышенные содержания в сравнении с другими типами калия, железа и титана.

**3. Сульфидный тип медный подтип минерализации в альбит-карбонат-кварцевых метасоматитах с сульфидами** характеризуется высокими концентрациями меди при слабоповышенных содержаниях урана и ванадия. Типоморфными элементами этой минерализации являются медь, кальций и марганец.

Таким образом, по результатам изучения геохимической специализации рудных объектов в Онежском рудном районе выделены ассоциации химических элементов, соответствующие им геохимические и минеральные типы рудной минерализации. Эта информация будет являться ключевой при изучении природы геохимических аномалий, выделенных при планируемых геохимических работах по вторичным наложенным ореолам и потокам рассеяния на Заонежской площади.

## Литература

Леденева Н.В., Пакульнис Г.В. Минералогия и условия образования уран-ванадиевых месторождений Онежской впадины // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39, № 3. С. 258-268.

Соколов С.В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. – СПб.: Наука, 1998. – 154 с.