

## ТИПИЗАЦИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ГИС

Горячев Н.А.

*СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан, e-mail: goryachev@neisri.ru*

Создание ГИС, являющихся основой информационного обеспечения традиционных и вновь возникающих задач в геологической отрасли, осложняется не только и не столько неполнотой наших знаний о предмете исследований, сколько трудностью сбора и обобщения фактических данных, хранящихся в многочисленных изолированных локальных базах данных и различных публикациях. Любая ГИС – это система, в которой максимально должен быть учтен весь накопленный современный уровень геологических знаний, не преломленных через призму каких-либо геодинамических, металлогенических и иных концепций, что особенно важно при создании ГИС, посвященных рудным месторождениям. При этом наиболее важна подготовка геологической основы проекта, обеспечивающей максимально однозначную интерпретацию основных понятий и геологических данных, характеризующих месторождения. Объекты должны описываться однотипно (стандартно), сведения должны отвечать требованиям понятийной совместимости, должна быть предусмотрена классификация данных по уровням иерархии – локальные, региональные [Наумова, 2008; Горячев и др., 2008]. Отсюда следует одна из важнейших проблем – проблема типизации рудных месторождений, постоянно находящаяся в центре внимания всех, кто занимается изучением рудных месторождений, и, вероятно, в силу этого, до сих пор не поддающаяся необходимой для ГИС унификации. При работе по созданию ГИС «Благороднометалльное оруденение Магаданской области» [Голубенко и др., 2010], нам пришлось вплотную заняться этой проблемой и разработать систематику золотого оруденения, специально ориентированную для разработки такой ГИС, которой и посвящено данное сообщение.

Систематики золоторудных месторождений [Петровская, 1973; Ивенсен, Левин, 1975; Моисеенко, 1977; Фирсов, 1985; Некрасов, 1991; Goldfarb, 1997; Goldfarb et al., 1998; Kerrich et al., 2000 и др.; Константинов и др., 2000; Гамянин, 2001; Шило, 2002; Амузинский, 2005; Спиридонов и др., 2006; Геодинамика..., 2006; Сидоров и др., 2011], опираясь на разные принципы, во многом противоречат друг другу. Все это отражает существующий кризис рудноформационного анализа в целом, недаром появились представления о генетических или рудообразующих системах [Константинов, 1984; Сафонов, 2004]. Именно, опираясь на генетические магматогенно-гидротермальные системы, проводится систематика золоторудных месторождений связанных с гранитоидами, на территории Аляски и Юкона [Newberry et al., 1995; Lang et al., 2000] и в целом для золоторудных систем такого рода [Thomson et al., 1999; Lang, Baker, 2001]. Анализ сложившейся ситуации в области рудноформационного анализа привел нас к выводу о необходимости систематизации золотого оруденения по ведущим типам месторождений [Очерки..., 1994] или генетическим и минеральным типам жил [Горячев, 1998, 2003], к которым добавились известные золото-антимонитовые месторождения [Goryachev, Edwards, 1999]. Одновременно, золото-редкометалльный тип претерпел весьма существенные изменения [Горячев, Гамянин, 2006], фактически объединив собой золоторудные месторождения, связанные с гранитоидами (золото-редкометалльно-кварцевые, золото-скарновые и золото-грейзеновые) в едином золото-висмутовом типе.

Как известно, месторождения должны подразделяться на типы по следующим основаниям: (1) в соответствии с их появлением в определенных геологических обстановках; (2) по устойчиво повторяющимся минеральным ассоциациям руд, с определенными количественными соотношениями минералов; (3) по характеру окolorудных изменений; (4) по устойчивости связей самородного золота с отдельными минералами или минеральными ассоциациями и/или Au с другими минералообразующими элементами, такими, как As, Sb и Bi. В данном контексте тип золоторудного месторождения подобен понятию золоторудной

формации, что сближает выработанные в России устойчивые группировки золоторудных месторождений (формации) с подходами к систематике через типовые месторождения, до недавнего времени общепринятой в среде североамериканских геологов. Это нашло отражение в новой классификации рудных месторождений Дальнего Востока [Геодинамика..., 2006]. Однако, она хороша как составная часть общей классификации рудных месторождений, но для систематики месторождений золота в целях ГИС является все же громоздкой и требует упрощений. Возможно, более продуктивным явится подход по выделению золоторудообразующих эндогенных систем, который, однако, еще требует дальнейшей разработки. Здесь также уместно вспомнить работы Ф.Н.Шахова [1964, 1966], предположившего, что классификация рудоносных жил должна исходить из систематики продуктов деятельности единой постмагматической, или гидротермально-метаморфической, системы, а дальнейшее ее расчленение должно опираться на группировку по геохимическим формациям.

В месторождениях благородных металлов, где главными металлами являются либо только золото, либо золото и серебро, постоянно присутствуют (в переменных количествах, но не преобладающих) элементы двух триад: As-Sb-Bi и S-Se-Te. При этом, для любой собственно золоторудной минерализации характерны два типа Au: «невидимое» субмикроскопическое в ранних сульфидах, сульфоарсенидах и арсенидах железа и позднее в самородной форме. Преобладание той или иной формы определяет активность  $\text{SiO}_2$ , S и As в процессе минералообразования. При этом весьма важной является роль химических свойств указанных выше элементов в формировании геохимических ассоциаций, что проявляется в разнообразии продуктивных минеральных ассоциаций, в существовании разных минералого-геохимических типов, возникших при определенных физико-химических условиях их формирования.

Таким образом, если исходить из принципов устойчивости минерального состава и связей золота с определенными минералами и элементами, а также применяя геохимический принцип по ведущим рудным элементам, заложенный в классификациях многих исследователей и наиболее ярко выраженный в систематике И.Я.Некрасова [1991], с учетом морфолого-генетического принципа месторождения Au можно сгруппировать в золото-кварцевый (жильный, штокверковый-дайковый, минерализованных зон дробления и смятия), золото-висмутовый (жильный, штокверковый, скарновый, грейзеновый, порфиновый), золото-серебряный (жильный и прожилково-вкрапленных зон), золото-сульфидный вкрапленный и золото-сурьмяно-ртутный (жильный и метасоматический) типы оруденения [Горячев, 2006]. Выделенные типы месторождений устойчивы в пространстве и независимы от состава вмещающих пород. Однако для целей ГИС и такая классификация ограничено годна, поскольку она в определенной степени субъективна и опирается на многочисленные разнотипные критерии, которые трудно учесть при разбраковке объектов, на которых исследования не проводились.

Геологические особенности Северо-Востока России предопределили широкое развитие в его структурах разных месторождений и рудопроявлений благородных металлов (~1000 объектов), в т.ч. и мирового класса (Наталка, Нежданинское, Сарылах, Сентачан, Купол, Дукат). Анализ геолого-структурных и минералого-геохимических признаков этих объектов, с учетом приведенного выше обзора, показал возможность выделения трех иерархических уровней, не связанных с положением месторождений в региональных структурах: геохимического или металлогенического (1), формационного (2) и структурно-морфологического (3). Типизация проведена нами, исходя из понятия геохимического типа как главного таксона и подтипов двух уровней – минералого-геохимического и структурно-морфологического. Это разделение дополняется данными по типоморфизму главных минералов руд и геохимическим характеристикам руд и околорудных измененных пород.

*Первый уровень – геохимический или металлогенический.* Вся совокупность золоторудных месторождений разделяется на четыре типа по значению того или иного элемента в рудах: собственно золотой, золото-висмутовый, золото-серебряный и золото-

сурьмяно-ртутный (таблица). Присутствие As (арсенопирит, реже леллингит и блеклые руды) во всех этих типах не позволяет использовать его в качестве классификационного таксона данного уровня, а вот по наличию высоких концентраций Bi, Ag, Sb и Hg (фактически промышленных) месторождения достаточно четко разделяются и могут быть легко классифицированы непосредственно на предварительном этапе. Здесь следует отметить, что если в рудах установлен факт присутствия промышленных концентраций цветных металлов, отнесение их к собственно золотым требует уточнения.

Таблица

Типизация золотого оруденения для целей ГИС

Геохимический тип		Формационный тип		Структурно-морфологический тип		Примеры (Восток России)
1	Золотой	1.1	Золото-кварцевый	1.1.1	Ж	Светлое
				1.1.2	Д	Утинское
				1.1.3	МЗС	Нежданинка
		1.2	Золото-сульфидно-вкрапленный	1.2.1	В	Дегдекан
				1.2.2	ПВ	Павлик
				1.2.3	ЖВ	Наталка
2	Золото-висмутовый	2.1	Арсенид-сульфо-арсенидный	2.1.1	ЖВ	Чепак, Чистое
				2.1.2	МЗ	Кандидатское
		2.2	Теллуридно-сульфо-теллуридный	2.2.1	Ж	Эргеляхское
				2.2.2	МЗ	Мякитское
		2.3	Висмутин-карбонатный	2.3.1	Ж	Кировское
				2.3.2	МЗД	Аркачан
3	Золото-серебряный	3.1	Золотой	3.1.1	Ж	Кубака
				3.1.2	ПВ	Джувьетта
		3.2	Золото-серебряный	3.2.1	Ж	Карамкен
				3.2.2	ПВ	Аган, Покровское
		3.3	Серебро-золотой	3.3.1	Ж	Дукат
				3.3.2	ПВ	?
4	Золото-сурьмяно-ртутный	4.1	Золото-антимонитовый	4.1.1	Ж	Туган
				4.1.2	ПВ	Майское (?)
				4.1.3	МЗС	Сарылах
		4.2	Золото-антимонит-киноварный	4.2.1	Ж	?
				4.2.2	ПВ	Арбат? Гал-Хая
				4.2.3	МЗС	Кючюс
4.2.4	Д	Крохалиная				

*Примечание:* Д – дайковый; Ж – жильный, ПВ - прожилково-вкрапленный, ЖВ – жильно-вкрапленный, МЗ – метасоматических залежей, минерализованных зон дробления (МЗД) или смятия (МЗС).

*Второй уровень* самый сложный, поскольку основан, прежде всего, на различиях в вещественном составе руд. Фактически – это минеральные типы, выделяемые во многих классификациях как самостоятельные формации. Отсюда и название этого уровня – «*формационный*» тип. Исходя из устоявшихся представлений, нами выделяются следующие формационные типы собственно золотых месторождений: золото-кварцевый (по преобладанию кварца в рудах и промышленному значению только Au) и золото-сульфидно-вкрапленный (преобладание пирит-арсенопиритовой вкрапленности во вмещающих породах, при заметно подчиненном количестве кварца в жильной фации). Золото-висмутовый тип разделяется на обоснованные нами ранее [Горячев, Гамянин, 2006] арсенид-сульфоарсенидный, теллуридно-сульфотеллуридный и висмутин-карбонатный

формационные типы, в которых количество жильных минералов широко варьирует (95-35%). Золото-серебряные месторождения традиционно нами разделяются на золотой, золото-серебряный и серебро-золотой формационные типы по Au/Ag отношению в рудах [Сидоров, 1978]. Конечно, это некоторое отступление от минерального принципа, но заметной минеральной дифференциации в рудах данного типа не наблюдается, а выявление существующей требует весьма тонких исследований [Горячев и др., 2010]. Золото-сурьмяно-ртутный тип подразделяется, опять же традиционно, на золото-антимонитовый и золото-антимонит-киноварный формационные типы, в достаточно полном объеме охарактеризованные в литературе [Бергер, 1978; Индолев и др., 1980].

*Третий уровень* представлен структурно-морфологическими типами, традиционными для любых месторождений. К ним отнесены собственно жильный, вкрапленные, прожилково-вкрапленный и жильно-прожилковый типы. Несколько особняком стоит дайковый тип, специфичный для золото-кварцевого и золото-антимонитового формационных типов. Он выделен отдельно, поскольку сама дайка, вмещающая жильно-прожилковую и вкрапленную минерализацию, является рудным телом, что легко определяется. Аналогично следует отметить и тип минерализованных зон смятия и дробления, достаточно четко структурно отделенный.

Представленная систематика на наш взгляд достаточно адекватно характеризует всю совокупность месторождений золота и позволяет без существенных потерь формализовать как авторские наблюдения, так и литературные данные, с последующей обработкой их методами ГИС-технологий. Увязка выделенных типов и подтипов с особенностями геологического строения территорий, характером вмещающих толщ и сопутствующего магматизма и метаморфизма должна проводиться через перекрестный анализ соответствующих слоев ГИС уже ее методами.

## Литература

Амузинский В.А. Металлогенические эпохи и золотоносность рудных комплексов Верхоянской складчатой системы. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 2005. – 247 с.

Бергер В.И. Сурьмяные месторождения. – Л.: Недра, 1978. – 296 с.

Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозойд. – М.: ГЕОС, 2001. – 222 с.

Геодинамика, магматизм и металлогения Дальнего Востока России /Ханчук А.И. и др./ . Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн.1. С.1-572. Кн.2. С. 573-981.

Голубенко И.С., Палымский Б.Ф., Горячев Н.А., Зинкевич А.С., Лямин С.М. Разработка ГИС Благороднометалльных месторождений Магаданской области // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2010. № 1. С. 57-62

Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – 210 с.

Горячев Н.А. Золоторудообразующие системы орогенных поясов // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2006. №1. С. 2-16

Горячев Н.А. Происхождение золото-кварцевых жильных поясов Северной Пацифики. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. – 143 с.

Горячев Н.А., Волков А.В., Гамянин Г.Н., Сидоров А.А., Савва Н.Е., Округин В.М. Au-Ag оруденение вулканогенных поясов Северо-Востока Азии //Литосфера. 2010. № 5. С. 36-50

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н. Золото-висмутовые (золото-редкометалльные) месторождения Северо-Востока России: типы и перспективы промышленного освоения // Золоторудные месторождения Востока России. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 2006. С. 50-62

Горячев Н.А., Голубенко И. С., Палымский Б.Ф., Зинкевич А.С. ГИС в геологических исследованиях Северо-Востока // Открытое образование. № 4 (69). 2008. С. 73–78.

Ивенсен Ю.П., Левин В.И. Генетические типы золотого оруденения и золоторудные формации // Золоторудные формации и геохимия золота Верхоянско-Чукотской складчатой

области. М.: Наука, 1975. С.5-120.

Индолев Л.Н., Жданов Ю.Я., Суплецов В.М. Сурьмяное оруденение Верхоянской провинции. – Новосибирск: Наука, 1980. – 232 с.

Константинов М.М. Генетические системы золоторудных месторождений. // Докл. АН СССР, 1984. Т.275. № 3. С.696-699.

Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и Мира. – М.: Научный мир, 2000. – 272 с.

Моисеенко В.Г. Геохимия и минералогия золота рудных районов Дальнего Востока. – М.: Наука, 1977. – 304 с.

Наумова В.В. Концепция создания региональных геологических ГИС на примере ГИС «Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии». – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 138 с.

Некрасов И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. – М.: Наука, 1991. – 302 с.

Очерки металлогении и геологии рудных месторождений. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1994. – 107 с.

Петровская Н.В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 348 с.

Сафонов Ю.Г. Процессы образования золоторудных месторождений. // Проблемы рудной геологии, петрологии, минералогии и геохимии. – М.: ИГЕМ РАН, 2004. С. 99-129.

Сидоров А.А. Золото-серебряная формация Восточно-Азиатских вулканогенных поясов. – Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1978. – 350 с.

Сидоров А.А., Старостин В.И., Волков А.В. Рудноформационный анализ. – Москва: МАКС Пресс, 2011. – 180 с.

Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. – Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО», 2006. – 291 с.

Фирсов Л.В. Золото-кварцевая формация Яно-Колымского пояса. – Новосибирск: Наука, 1985. – 217 с.

Шахов Ф.Н. Геология жильных месторождений. – М.: Наука, 1964. – 221 с.

Шахов Ф.Н. Принцип формаций в систематиках месторождений созданных горячими растворами // Эндогенные рудные формации Сибири и Дальнего Востока, Новосибирск: Наука, 1966. С. 41-46

Шило Н.А. Учение о россыпях. 2-ое изд. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 576 с.

Goldfarb R.J. Metallogenic evolution of Alaska // Economic Geology Monograph 9. 1997. P. 4-34.

Goldfarb R.J., Phillips G.N., Nokleberg W.J. Tectonic setting of synorogenic gold deposits of the Pacific Rim // Ore Geology Reviews. V.13. 1998. P. 185-218.

Goryachev N.A., Edwards A.C. Gold Metallogeny of North-East Asia. // Proceedings of the PACRIM'99 Congress. AusIMM Publication Series 4/99. P. 287-302 .

Kerrich R., Goldfarb R., Groves D., Garwin S., Jia Yiefei. The characteristics, origins, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces // Science in China (series D). Vol.43 Supp., 2000. P. 1-68

Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding. // Mineralium Deposita, 2001. V. 36. P. 477-489

Lang J.R., Baker T., Hart C.J.R., Mortensen J.K. An exploration model for intrusion-related gold systems // SEG Newsletter. 2000. № 40. P. 6-15.

Newberry R.J., McCoy D.T., Brew D.A. Plutonic-Hosted Gold Ores in Alaska: Igneous vs. Metamorphic Origins // Resource Geology Special Issue. 1995. № 18. P.57-100.

Thomson J.F.H., Sillitoe R.H., Baker T., Lang J.R., Mortensen J.K. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces. // Mineralium Deposita, 1999. V. 34. P. 323-334.