

**ЗОЛОТО В ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССАХ: УСЛОВИЯ,
ФОРМЫ И МЕХАНИЗМЫ МИГРАЦИИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ.
ПРОЕКТ № 65**

Координаторы: д-р геол.-мин. наук Росляков Н. А., д-р геол.-мин. наук Шварцев С. Л.
Исполнители: ИГ ОИГГМ, ИГНГ, ГИН, ИНХ, ИВЭП, ТуВИКОПР СО РАН

Впервые установлено, что формирование наиболее продуктивных золотоносных кор выветривания Западной Сибири связано с мел-палеогеновыми процессами карсто- и корообразования. Золотоносные коры выветривания развиваются за счет как месторождений и рудных тел, так и минерализованных зон с рассеянным сульфидным оруденением. Показано, что в экзогенных процессах эндогенное золото претерпевает три стадии преобразования: растворение → концентрирование в грунтовых водах → осаждение новых гидрогенных минеральных форм. Количество этих циклов контролируется палеотектоническими и палеоклиматическими условиями корообразования и временем взаимодействия воды с горными породами. В коре выветривания золото укрупняется, облагораживается, формирует новые гипергенные формы в виде самородных частиц,

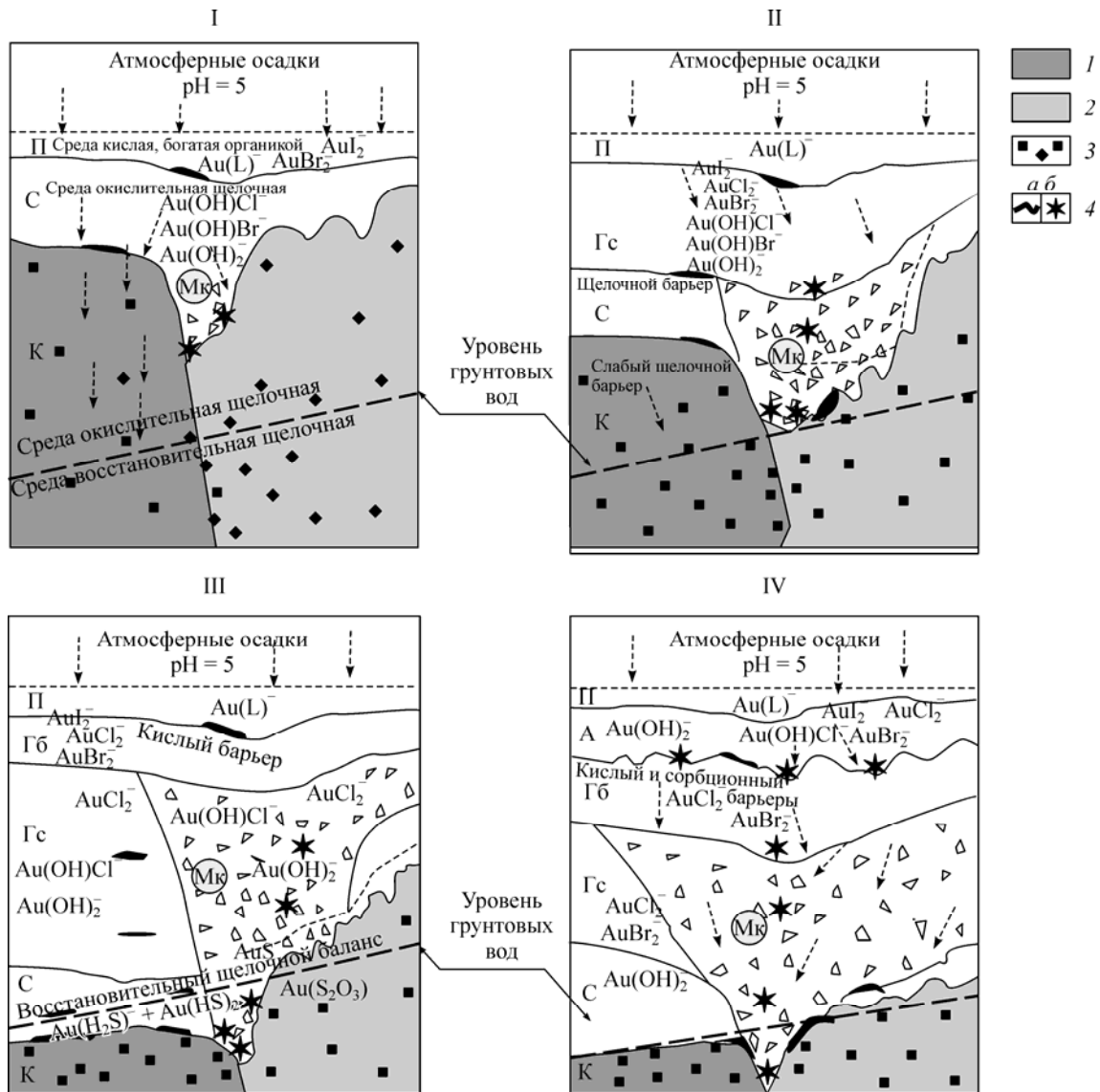
высокопробных каемок, примеси в гипергенных минералах, в гумине, гуминовых и фульвовых кислотах, в поровых растворах.

Разработана стартовая основа для физико-химического моделирования форм миграции золота. Впервые изложены алгоритмы постановки прямых задач химического равновесия, ориентированных на выявление доминантных комплексных форм золота в составе низкотемпературных гидротерм. На основе новых экспериментально полученных констант устойчивости комплексов $AuL_{2aq}^- = 15,1$ лог. ед. и $Au(OH)_{2aq}^- = 13,7 \pm 0,5$ лог. ед. при 25 °С и 1 атм, с учетом локальности и частичности соответствующих наборов значимых химических равновесий проанализированы ситуации типовых профилей кор выветривания и питающих их вод (фоновых, рудных полей, сульфидных залежей). Численное моделирование показало,

Расчетные формы миграции золота в водах золоторудных полей

Calculated migration forms of gold in waters of gold-ore areas

Характеристика вод				Формы миграции золота			Способность вод к новообразованию гидрогенного золота
рН	Eh, мВ	Тип вод	Минерализация, г/л	Главные, более 25 %	Второстепенные, 1—25 %	Редкие, 0,1 %	
7,4	300	HCO ₃ —Ca	0,4	AuOHCl ⁻		AuOH	Высокая
	100	HCO ₃ —Ca	0,4	AuOHCl ⁻		AuOH	»
	0	HCO ₃ —Ca	0,4	AuOHC ⁻		AuOH	»
6,9	500	SO ₄ —Ca	2,2	AuOHCl ⁻		AuOH, (Au(Cl) ₂) ⁻	»
	200	SO ₄ —Ca	2,2	AuOHCl ⁻		AuOH, (Au(Cl) ₂) ⁻	»
	0	SO ₄ —Ca	2,2	AuHS, AuOHCl ⁻	AuH ₂ S ⁺		»
4,1	0	SO ₄ —Ca	1,2	AuH ₂ S ⁺ , AuHS			Низкая
2,6	500	SO ₄ —Ca	1,3	(Au(Cl) ₂) ⁻ , AuCl ⁻		Au ⁺	Высокая
	200	SO ₄ —Ca	1,3	AuH ₂ S ⁺			Низкая
	0	SO ₄ —Ca	1,3	AuH ₃ S ₂ , (Au(H ₂ S) ₂) ⁺			»



Схематическая геолого-генетическая модель стадийного формирования золоторудной минерализации в каолиновом профиле выветривания с интенсивным развитием карста.

I—IV — стадии выветривания и зоны профиля: К — коренные породы с золотосодержащей эндогенной минерализацией; С — сапролитовая; Гс — глинистого структурного элювия; Гб — глинистого бесструктурного элювия; А — продукты ближнего переотложения; Мк — продукты местного переотложения (в карст); П — почвенно-растительный горизонт. 1 — алюмосиликатные породы; 2 — карбонатные породы; 3 — золотоносные сульфидизированные зоны; 4 — горизонты обогащения Au (а — хемогенные, б — гравитационные).

Schematic diagram showing stages of weathering, redeposition of gold and forming of secondary enrichment horizons.

I—IV — The stages and zones of weathering profile: К — bedrock and primary gold mineralization; С — saprolite; Гс — clay eluvium; Гб — structureless clay; А — alluvium; Мк — mantled karst; П — soil. 1 — aluminosilicate rocks; 2 — carbonate rocks; 3 — primary mineralization of gold; 4 — secondary gold (a — chematogenic, б — residual).

что золото, рассеянное в породообразующих минералах и сульфидах, переходит в водный раствор одновременно с их конгруэнтным (кальцит, доломит, сульфиды) или инконгруэнтным (полевошпат, плагиоклазы, роговая

обманка) растворением и перераспределяется между жидкой и новообразованной твердой фазами в пропорциях, определяемых характером геохимической среды. Формы миграции истинно-растворенного золота контролируют-

ся характеристиками вод (см. таблицу) и эндогенного субстрата. Подвижность золота значительно выше, чем Al, Ti, Mn, Fe, K, и ближе к Si, но существенно ниже Na, Mg и Ca.

Воды с концентрацией золота в 3—4 нг/л уже способны к осаждению его из раствора с образованием твердой металлической формы. Осаждение происходит одновременно с общей

гидрогенно формирующейся массой вторичных минеральных образований, характерных для той или иной стадии взаимодействия воды с породами. Формирование золоторудных концентраций в коре выветривания является многоэтапным и полихронным с образованием на геохимических барьерах горизонтов вторичного обогащения (см. рисунок).

Основные публикации

1. *Белеванцев В. И., Малкова В. И., Рыжих А. П. и др.* Один из аспектов химико-термодинамического моделирования в решении комплексных задач описания состояний водных систем// *Химия в интересах устойчивого развития*. 2004. Т. 12, № 6. С. 757—767.
2. *Калинин Ю. А., Росляков Н. А.* Модель гипергенного переноса и концентрирования тяжелых металлов// *Сибирский экологический журнал*. 2004. № 6. С. 89—91.
3. *Мальгин М. А., Пузанов А. В.* Некоторые итоги и перспективы биогеохимических исследований на Алтае// Там же. 2003. № 2. С. 129—134.
4. *Миронов И. В., Белеванцев В. И.* О гидроксокомплексах золота(І) в водных средах// *ЖНХ*. 2005. Т. 50, № 7. С. 1210—1216.
5. *Росляков Н. А., Белеванцев В. И., Калинин Ю. А.* Гипергенное золото в марганцевоносных корах выветривания// *Геохимия*. 2005. № 9. С. 1015—1018.
6. *Щербов Б. Л., Страховенко В. Д., Жмодик С. М., Калинин Ю. А.* Типоморфизм и условия образования золота в корах выветривания Первомайского участка (Центральный Казахстан)// *Геология рудных месторождений*. 2005. Т. 47, № 2. С. 174—197.