

*К. Ю. Мурашов, А. А. Котов*  
*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,*  
*минералогии и геохимии РАН, г. Москва*  
*kotovaleksey@gmail.com*

### **3D моделирование в исследованиях структурного контроля жильной и прожилково-вкрапленной золоторудной минерализации на примере месторождения Вернинское, Восточная Сибирь**

Применение 3D моделирования при изучении структурного контроля рудных тел на прожилково-вкрапленных и жильных месторождениях в терригенных сланцевых комплексах представляется крайне важным для различных стадий прогнозно-поисковых и разведочно-эксплуатационных работ.

Месторождение Вернинское, располагается в 10 км к юго-востоку от Сухоложского золоторудного поля и относится к крупным (>300 т золота) [Котов и др., 2013], если учесть оценки неподсчитанных и неразведанных запасов в третьем рудном теле, которое было подсечено несколькими скважинами на глубине до 550 м и имеет выход на поверхность в районе зоны Первенец. Основу этих ресурсов составляют глубинные горизонты (300–600 м, вероятно более). Корректная оценка условий залегания этих руд с использованием 3D моделирования важна для определения скрытых рудных тел и вертикального диапазона распространения руд. При решении такой задачи наиболее продуктивным направлением исследований является реконструкция структурно-гидродинамических систем месторождений и рудных полей. Авторами такие работы проводятся применительно к Вернинскому месторождению – основному в Вернинско-Светловской золотоносной подзоне Маракано-Тунгусской локальной металлогенической зоны (главной в Бодайбинской (Ленской) золотоносной области). Месторождение Вернинское является основным в Кропоткинском рудном узле, в пределах которого также находятся месторождения Первенец и Невское. Месторождение Первенец обрабатывалось на жильные золото-кварцевые руды. Разведочные работы месторождения Вернинское показали, что жильная зона Первенец является фланговой (Юго-Западной) частью единой золотоносной площади месторождения Вернинское-Первенец. Моделированием охвачена только часть этой площади.

При поддержке ОАО «Первенец» были обработаны геологические карты, планы месторождения и карьера, а также набор разрезов с различными тематическими слоями. На начальном этапе моделирования была построена трехмерная модель поверхности, на каркас которой были перенесены все тематические слои с плана месторождения. Далее для визуализации структурных особенностей все имеющиеся разрезы были переведены и привязаны в трехмерном пространстве, согласно линиям разрезов на плане.

Дальнейшая работа заключалась в сопоставлении структурных элементов на геологических картах с разломами и пластами пород на геологических разрезах, составленных по данным разведочных скважин.

На основе первых двух этапов, методом каркасного моделирования была построена трехмерная модель залегания основных толщ, тектонических нарушений, рудных тел и зон минерализации. Полученная модель позволила сделать ряд заключений.

В строении Вернинского рудного поля участвуют существенно терригенные отложения верхнепротерозойской осадочной толщи, представленные переслаивающимися песчаниками, алевролитами и филлитами. В структурном плане месторождение представляет собой ассиметричную запрокинутую на юг сжатую складку, осложненную разрывными нарушениями, среди которых наиболее широко развиты субширотные, представленные зонами сближенных кулисообразно расположенных разрывов мощностью 15–20 м, субмеридиональные и северо-западные разломы с крутым падением. Также крылья антиклинали осложнены многопорядковой складчатостью, широко развитой трещиноватостью, будинажем, осевым и слоевым кливажем.

Одним из важнейших факторов контроля золотого оруденения Вернинско-Невского рудного поля являются дислокационные зоны. Выявлена серия разрывно-складчатых зон дислокаций субширотного простирания, падающих в северном и ССВ направлении. Данные образования приурочены к отмеченным выше запрокинутым на юг антиклинальным складкам. Каждая из дислокационных зон, представленных взбросо(надвигово)-сдвиговыми системами нарушений, сопровождающимися приразломными складками (в т.ч. складки волочения, будинаж, микроскладчатость и т.д.), кливажом и другими системами трещин различного генезиса и морфологии, нередко состоит из нескольких линейных дислокационных объектов более высокого порядка, как правило, с теми же элементами залегания.

Главными разрывными нарушениями, формирующими субширотные дислокационные зоны, являются сдвиго-надвиги (Центральный) и крутые сдвиги (Первенец). Эти и другие более мелкие, в т.ч. оперяющие, тектонические нарушения являются рудоконтролирующими и рудовмещающими в складчато-разрывных зонах дислокаций.

Угол падения дислокационных зон изменяется от 20–30 до 50–60°, составляя обычно (согласно осевой поверхности антиклиналей и их крыльев) 35–55°. Мощность разрывно-складчатых зон изменяется от 30–50 до 300–400 м, длина по простиранию – от 200–300 до 2000–2500 м, по падению – от 100–200 до 800–1000 м и, возможно, более при погружении на глубину.

На месторождении Вернинское локализация прожилково-вкрапленного оруденения подчиняется единой складчато-разрывной схеме и контролируется разломами по зоне Первенец, которая имеет свое продолжение и на месторождении Невское, расположенном в 3 км на ЮВ, и в свою очередь представляет продолжение Сухоложского тренда. В центральной части месторождения Вернинское прослеживается крупная штокверковая зона с внедрившимися поздними кварцевыми жилами мощностью до 10 м. В отличие от зоны Первенец, кварц в данной штокверковой зоне

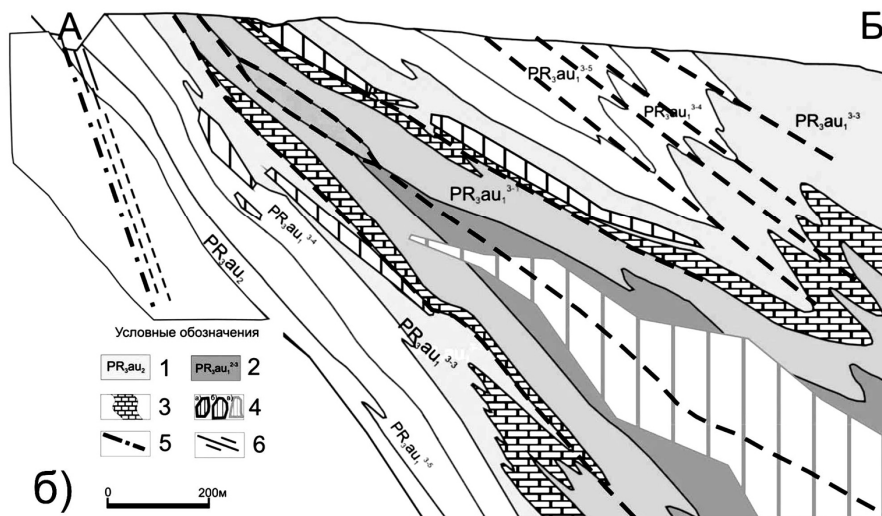
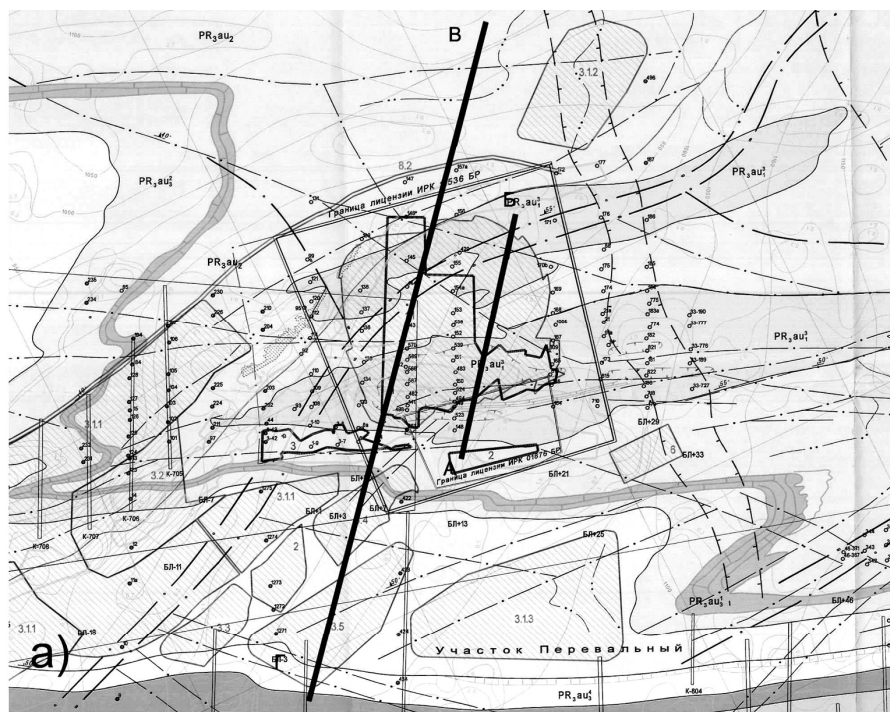


Рис. 1. Геологическая карта месторождения Вернинское (а) и разрез месторождения Вернинское по данным буровых скважин, по линии А–Б (б).

1 – аунакитская свита, средняя подсвита: переслаивание филлитовидных углеродистых сланцев с известковистыми, серицит-кварцевыми песчаниками; 2 – аунакитская свита, нижняя подсвита: песчаники кварцевые и кварцитовидные, часто известковистые прослои слюдисто-кварцевых, алевролитистых, умеренно углеродистых сланцев; 3 – известковистые песчаники; 4 – границы рудных зон: а) первой, б) второй, в) третьей (слепой); 5 – зоны разломов; 6 – шток-верковая зона Первенец.

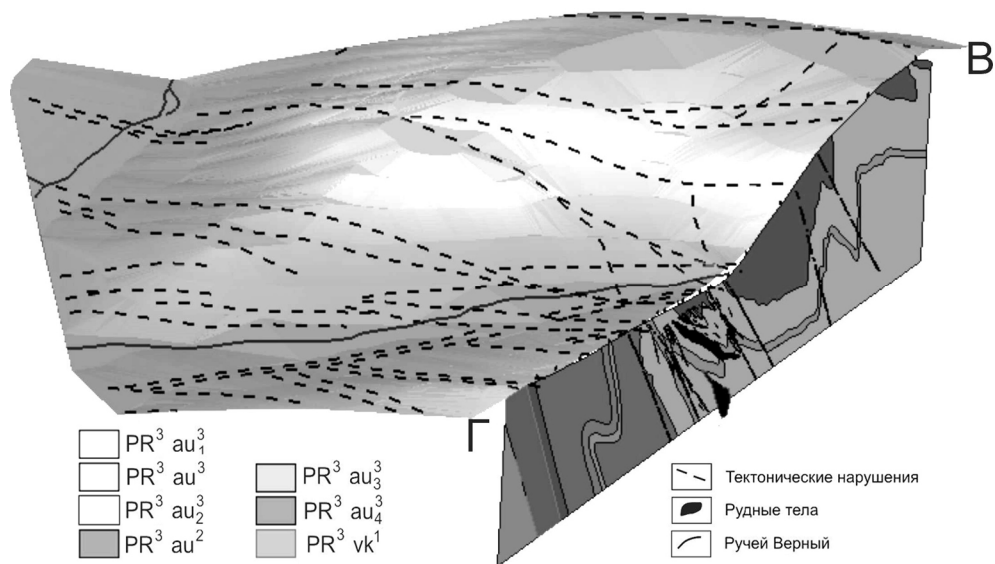


Рис. 2. Сечение 3D модели месторождения Вернинское по линии В–Г (рис. 1а).

практически не содержит рудных минералов, что подтверждает более позднее образование этих жил.

Общая методология разработки 3D модели и уровень ее информативности видны из сравнительного восприятия геологической карты месторождения и избранного сечения модели под различными углами зрения. Геологическая карта месторождения отражает совокупность знания о его геологическом строении и основных закономерностей локализации руд (рис. 1). В то же время, модель позволяет выявить закономерности залегания вмещающих пород, проследить известные и выявлять скрытые разломы, установить зависимости рудных тел от залегания разломов и пластов, пачек пород определенного состава (рис. 2). Последнее находится в стадии разработки и не реализовано на данной стадии исследований.

В целом, основной задачей таких моделей является формирование геолого-структурной основы для реконструкции структурно-гидродинамических рудообразующих систем месторождений золота в сланцевых толщах и сопоставления различной геологической информации в трехмерной среде.

В настоящее время идет дальнейшая работа по сбору дополнительных геологических материалов, с целью создания более информативного варианта модели месторождения.

*Авторы выражают благодарность геологической службе ОАО «ЛЗРК» и ОАО «Первенец» за помощь в сборе необходимых данных, а также научному руководителю темы чл.-корр. РАН Ю. Г. Сафонову. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-05-00084).*

### Литература

*Котов А. А., Мурашов К. Ю. Типоморфические признаки золото-пиритовой и золото-пирит-арсенопиритовой рудных ассоциаций месторождения Вернинское, Бодайбинского руд-*

ного района. // Мат. Всерос. научн. конф., посв. 100-лет. со дня рожд. ак. Н. А. Шило. 2013. С. 137.

*Котов А. А., Злобина Т. М.* Структурные критерии оценки жильного золоторудного оруденения месторождения Вернинского, северо-восточное Прибайкалье // Руды и металлы. 2011. № 3–4. С. 95.