

УДК 553.3.078 + 551.243(571.6)

СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В МАГМО- И РУДОГЕНЕЗЕ ВОСТОЧНО-СИХОТО-АЛИНСКОГО ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКОГО ПОЯСА (ВСАВПП)

© 2007 г. В. П. Уткин

Представлено академиком Ю.М. Пушаровским 07.08.2006 г.

Поступило 10.08.2006 г.

ВСАВПП сформирован в альбе–палеоцене. Магматизм и металлогения развивались в условиях активизации Сихотэ-Алинской системы левых сдвигов [4, 7]. Глубинные сдвиговые зоны северо-восточного простирания контролируют месторождения олова, вольфрама, полиметаллов, золота. Вместе с тем между сдвиговыми зонами наблюдаются поперечные к ним северо-западного простирания ареалы рассеянной рудной минерализации шириной до 10 км, природа которых в структурно-динамическом аспекте оставалась не ясной, как и до конца не раскрытыми геодинамические условия сеноман-кайнозойского магматизма, сформировавшего вулканический чехол пояса. Задача решалась в Самаргинском рудном районе (СРР), крупном фрагменте ВСАВПП, расположенном на северо-востоке Приморья (рис. 1). В анализ вовлечены результаты структурных исследований [2], которые проводились при геологическом доизучении площадей Приморской поисково-съёмочной экспедицией [1]. Установлено: северо-западного простирания ареалы рудной минерализации контролируются сдвигами структурами растяжения континентальной коры, выполнявшими роль основных магмоподводящих каналов при формировании в сеноман-палеоцене вулканического чехла ВСАВПП.

В СРР наблюдаются все особенности строения ВСАВПП, и прежде всего проявленная с запада на восток латеральная структурно-вещественная и хронологическая зональность (рис. 1), которая отражает вертикальное строение пояса, погруженного в неогене на юго-восток, эксгумированного косым эрозионным срезом [4, 5, 7]. Косой эрозионный срез вскрыл разные уровни пояса, включая и раннемеловое складчатое основание вулканического чехла, рассеченного северо-восточными сдвиговыми зонами (рис. 1), существенно актив-

ными в позднем мелу [3, 7]. Не столь явное проявление сдвигов в вулканическом чехле объясняется многократным их перекрытием в сеноман-палеоцене вулканиками. В вертикальном строении пояса в пределах СРР наблюдается не менее четырех этапов магматизма [1]. Нижний уровень (сеноманский этап) представлен телами гранитоидов, локализованными в раннемеловом основании (рис. 1). Следующий, коньяк-туронский этап выразился в формировании обширной по площади приморской свиты вулканитов, преимущественно кислого состава, несогласно перекрывших складчатое основание. В маастрихте приморская свита была прорвана с формированием небольших по площади тел габбро, габбро-диоритов, диоритов и их многообъемных вулканических комагматов (самаргинская свита преимущественно среднего состава). В дании (преимущественно) и палеоцене вулканический чехол был инъецирован многочисленными интрузивами сложного состава (от гранитов до габбро), и получили развитие их вулканические комагматы (кюмская толща, богопольская свита).

С геодинамических позиций причины и последовательность магматизма, по-видимому, следует связывать с этапами активизации северо-восточной системы сдвигов. Обращает на себя внимание, что интрузивы и рудная минерализация, тесно ассоциируя, сосредоточены в структурах северо-западного простирания (рис. 1). Поперечная по отношению к сдвигам ориентировка, ограниченная сдвигами, синхронно активными с поздне-меловым магматизмом, позволяет рассматривать эти структуры как парагенезы сдвигов, выполнявших роль основных магмоподводящих структур растяжения (МПСР). Импульсная активизация сдвигов обусловила многократное раскрытие МПСР, что привело, например, в Повелицинской структуре (рис. 1) к последовательному формированию перекрывающих друг друга поздне-меловых вулканических ярусов, сложенных лавами и туфами разного состава (рис. 2). В отличие от нижних ярусов верхний, сложенный липаритами и фельзитами, значительно эродирован, а на от-

*Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Владивосток*



Рис. 1. Структурно-динамический контроль магматизма и рудной минерализации Самаргинского рудного района (северо-восток Приморья). 1 – миоценовые базальты; 2 – позднемиоценовые (сеноман–даний) вулканиты кислого и среднего составов; 3 – складчатое основание вулканического чехла (апт-альбские, преимущественно, терригенные комплексы); 4, 5 – сеноманские граниты, гранодиориты, диориты (4) и их криптоплутоны, выраженные на поверхности полями контактовых роговиков (5); 6 – маастрихтские габбро, габбро-диориты, диориты и датские граниты, гранодиориты, габбро; 7 – отдельные сдвиги (штриховые линии – предполагаемые) сдвиговых зон: А – Адинской, Т – Топографической, К – Килоусской, С – Скалистой, Б – Бурматовской, П – Повелицинской, Е – Единкинской; 8–12 – типы минерализации от высокотемпературных (8) к относительно низкотемпературным (12) (по данным штуфного и бороздового опробования): преимущественно вольфрамовая (8), преимущественно оловянная (9), полиметаллическая (10), золото-серебряная с полиметаллами (11), золото-серебряная (12); 13 – магмоподводящие структуры растяжения (МПСР) (П – Повелицинская, В – Венюковская); 14 – структура растяжения, наложенная на сеноманские гранитоиды, производные первого этапа раскрытия Венюковской МПСР; 15 – элементы ориентировки слоев раннемиоценовых осадочных пород; 16 – фрагмент Повелицинской МПСР (2) и золото-серебряные месторождения: Бурматовское (3), Ягодное (4) (цифры соответствуют номерам рисунков).

дельных участках эксгумированы и его магмоподводящие каналы в виде системы многофазных даек мощностью до 100 м, преимущественно липаритовых порфиров (рис. 2). Даний-палеоценовые вулканиты здесь эродированы полностью, и оказались вскрытыми их магмоподводящие структуры растяжения, компенсированные дайками андезито-базальтов, диоритовых порфиров и др., секущими весь комплекс вулканитов, сформированных до дания.

Этапы сосдвигового раскрытия МПСР отражены в последовательности магматизма разного состава в наиболее детально изученной Венюковской структуре (рис. 1). На начальном этапе (сеноман) в узком (8 км) блоке раннемиоценовых образований, ограниченном Бурматовской и Скалистой сдвиговыми зонами, формировалась поперечная к сдвигам структура растяжения, шириной до 12 км, благоприятная как для магмогенерации (эффект декомпрессии), так и для вертикального продви-

жения магм и флюидов. Фронтальные, наиболее низкотемпературные, но вязкие гранитоидные магмы, кристаллизуясь на относительно небольшой глубине, заклинили структуру. Под гранитоидной “пробкой” магматический очаг, по-видимому, продолжал функционировать, что привело к дифференциации магм. Многочисленные дайки разного состава, преимущественно северо-западного простирания, рассекающие сеноманские гранитоиды, свидетельствуют о новых этапах раскрытия Венюковской МПСР. Одна из наиболее мощных (ширина 3 км) структур растяжения рассекала гранитоидную “пробку” на две части (рис. 1). Многоэтапность приоткрывания этой наложенной структуры отражена в формировании экструзивных тел, вытянутых в северо-западном направлении, генерально параллельных границам структуры. Вещественный состав последовательно сформированных тел идентичен или близок составу породных комплексов, возраст кото-

рых на площади исследований установлен, что позволяет наметить следующие вещественно-возрастные этапы магматизма и, следовательно, этапы раскрытия структуры: липариты, фельзиты (коньяк–турон); дациты, андезиты (маастрихт); гранит-порфиры, граниты (даний–палеоцен).

Таким образом, Венюковская МПСР в течение позднего мела–палеоцена значительно раскрывалась не менее четырех раз. По-видимому, синхронно раскрывались и другие МПСР, что объясняет не локальное, а площадное развитие вулканогенных комплексов. Разный состав вулканитов, возможно, отражает выходы на поверхность дифференциатов длительно функционирующих магматических очагов. Вместе с тем на разных уровнях МПСР, возможно, формировались промежуточные очаги, состав магм которых определялся продвижением по МПСР производных продуктов и (или) вещественным составом пород континентальной коры, вмещающих очаги магмогенерации.

Интрузивные тела, локализованные в МПСР, имеют близвертикальные контакты. Гравитационные минимумы фиксируют крутое погружение МПСР на глубины до 15–20 км [1]. Эти глубины близки максимальной мощности (до 15 км) раннемеловой (берриас–альб) осадочной толщи Сихотэ-Алиня, на нижнем уровне которой (берриас–аланжин) и непосредственно под ней широко проявлен альбский гранитоидный магматизм [5, 7]. До сеномана раннемеловая толща, перекрывая конседиментационные глубинные сдвиги, выполняла роль структурного экрана для восходящих магм и флюидов, гранитизирующих терригенные осадки, что объясняет развитие на нижних уровнях экранирующей толщи многочисленных, значительных по площади, но уплощенных тел гранитоидов. Северо-восточное простирание большинства альбских гранитоидов, конкордантное Сихотэ-Алинской складчатой системе, свидетельствует о развитии магматических очагов в ядрах брахиантиклиналей, выполнявших роль декомпрессионных криптокамер, благоприятных для локализации глубинных флюидов и магмогенерации [7]. К сеноману, синхронно с осдвиговой складчатостью, раннемеловая магмоэкранирующая толща была расчленена системой северо-восточных левых сдвигов, которые вместе с МПСР вскрыли продолжавшие функционировать альбские магматические очаги, обеспечив прерывистодлительное (сеноман–палеоцен) восхождение магм к земной поверхности с образованием вулканического чехла.

Главным источником рудонесущих флюидов, по-видимому, был уровень альбского магматизма, что подтверждается двумя факторами [5, 7]. Во-первых, ниже этого уровня проявлена лишь скудная рудная минерализация без образования

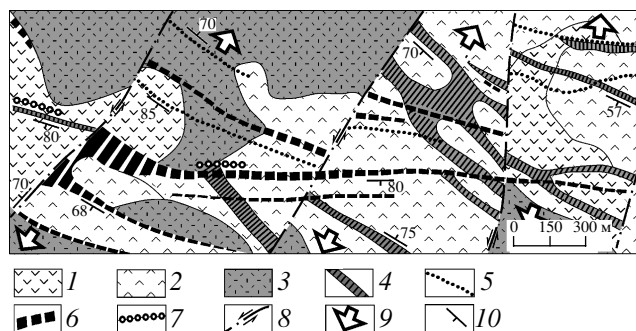


Рис. 2. Последовательность раскрытия магмоподводящих каналов Повелицинской структуры растяжения (фрагмент). 1–3 – последовательно сформированные ярусы вулканитов: 1 – нижний (андезиты и брекчиевые лавы), 2 – средний (дациты, дацит-порфиры, туфы дацитов), 3 – верхний (липариты, фельзиты); 4–7 – последовательное раскрытие магмоподводящих каналов: 4 – поздне меловых (дайки липаритовых порфиров), 5, 6 – даний-палеоценовых (5 – дайки андезито-базальтов, 6 – диоритовых порфиров), 7 – рудные тела; 8 – сдвиги; 9 – направления растяжений; 10 – элементы ориентировки разрывов и даек.

месторождений, а на этом уровне и выше – напротив, при обильной рассеянной минерализации сформированы практически все рудные месторождения Сихотэ-Алиня. Во-вторых, проявление рудной минерализации характеризуется вертикальной вещественно-температурной зональностью от вольфрамитовых и касситерит-кварцевых ассоциаций к касситерит-силикатной, касситерит-сульфидной, свинцово-цинковой минерализациям. В пределах СРР, как и в Центральном Сихотэ-Алине, вертикальная зональность венчается низкотемпературной золото-серебряной минерализацией (рис. 1). По-видимому, длительное развитие очагов альбского уровня магматизма привело к дифференциации магм с отделением рудонесущей газовой-жидкой фазы, которая, продвигаясь к земной поверхности, последовательно сбрасывала рудные минеральные ассоциации в зависимости от *PT*-условий разных уровней коры.

МПСР на этапах раскрытия были весьма пронизываемы. Флюидный поток, обладающий высокими миграционными характеристиками, проникал по многочисленным разноориентированным каналам, что приводило к рассеиванию руд и формированию ареалов рудной минерализации (рис. 1), но преимущественно без образования их концентраций до ранга месторождений. Совсем иными структурно-динамическими характеристиками обладают глубинные сдвиговые зоны, которые в динамическом отношении являются структурами сжатия. В условиях сжатия в сдвиговых зонах открывается главным образом вертикальная система трещин, параллельная среднему и максимальному напряжениям сдвигового эллипсоида деформации (в случае северо-восточных левых

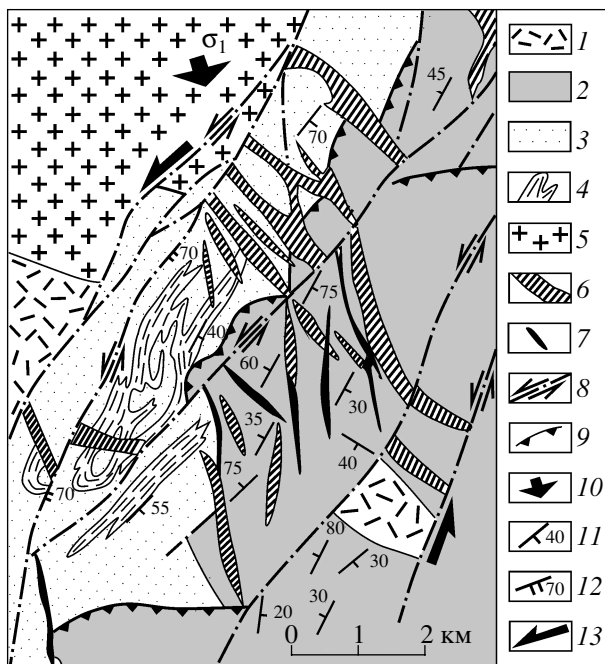


Рис. 3. Геолого-структурная карта и динамо-кинematические условия формирования Бурматовского месторождения. 1 – позднемеловые вулканы кислого состава; 2, 3 – складчатое основание вулканического чехла; 2 – средний–верхний альб (терригенные, вулканогенные, вулкано-терригенные породы), 3 – нижний апт–альб средний (преимущественно терригенные породы); 4 – ядра антиклиналей, сложенные алевролитами; 5 – граниты (сеноман); 6 – дайки липарит-порфиров; 7 – рудные тела; 8 – сдвиги; 9 – надвиги; 10 – направление регионального сжатия; 11, 12 – элементы ориентировки слоев (11) и тектонических сместителей (12); 13 – направление смещений вдоль Бурматовской сдвиговой зоны.

сдвигов – разрывы растяжения север-северо-западного простирания), а трещины иных ориентировок остаются закрытыми, что в совокупности весьма благоприятно не только для вертикальной миграции флюидов, но и концентрации руд [4, 6, 7]. Этим объясняется контроль сдвиговыми зонами рудных месторождений, установленный в Центральном и Южном Сихотэ-Алине [3, 4, 6, 7], что подтверждается и в СРР (рис. 1). Детально исследовались структуры и динамика развития золото-серебряных месторождений, сформированных в сдвиговых зонах в разных по возрасту и вещественному составу осадочных и вулканогенных комплексах (рис. 1).

Бурматовское месторождение, располагаясь в одноименной сдвиговой зоне (рис. 1), сформировано в дислоцированных апт-альбских, преимущественно терригенных образованиях (рис. 3). Наблюдается строение корневого магмоподводящего уровня позднемелового вулканического чехла. Магмоподводящие каналы, выполненные дайками липарит-порфиров (мощностью до 0.5 км) –

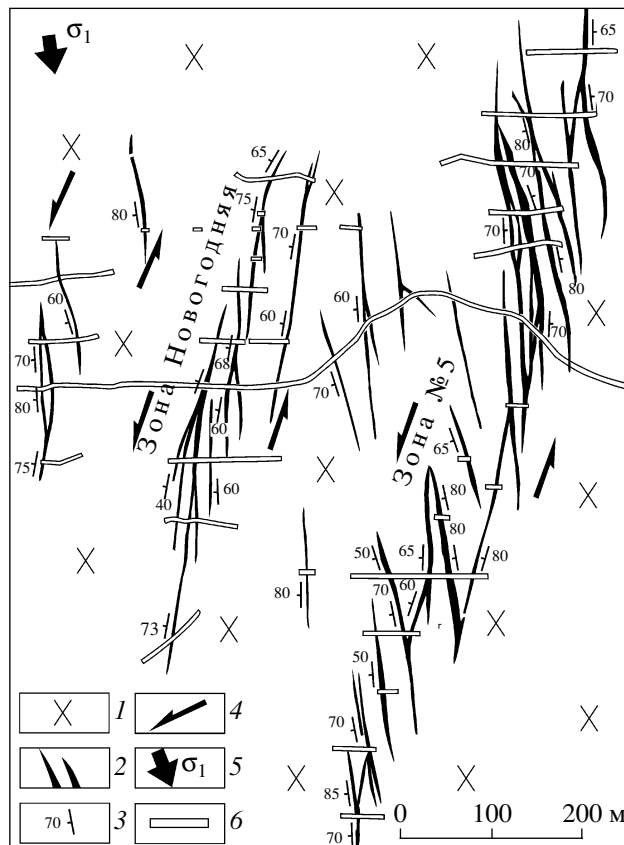


Рис. 4. Структурно-динамические условия формирования Ягодного месторождения. 1 – гранодиориты; 2, 3 – рудные тела (2) и элементы их ориентировки (3); 4 – направление смещений с формированием потенциальных сдвигов; 5 – направление регионального сжатия; 6 – разведочные каналы.

сосдвиговые структуры растяжения. Рудные тела, ориентированные также в север-северо-западном направлении, отражают постдайковый импульс раскрытия структур растяжения в результате левосдвиговой активизации сдвиговой зоны.

Глиняное месторождение расположено также в Бурматовской сдвиговой зоне, южнее одноименного месторождения, но сформировано на более высоком уровне, в позднемеловом вулканическом чехле. Частные сдвиги зоны пересекают вулканы, а рудные тела, как и на Бурматовском месторождении, ориентированы на север-северо-запад, косо к сдвиговой зоне, что указывает на раскрытие рудовмещающих разрывов растяжения в условиях ее поствулканической левосдвиговой активизации.

Ягодное месторождение (рис. 1) сформировано в массиве датских гранодиоритов (рис. 4). Рудные тела образуют кулисные эшелонированные структуры, инфраструктура которых соответствует строению потенциальных левых сдвигов. Зачастую кулисно эшелонированные разрывы растяжения формируются

над хорошо проработанными сдвигами в перекрывающих их образованиях, фиксируя последние импульсы активизации глубинных сдвигов.

Обобщая изложенное, приходим к основным выводам. Позднемеловая–палеоценовая активизация северо-восточной системы левых сдвигов обусловила формирование их структурных парагенезов – поперечных к сдвигам структур растяжения, выполнявших роль основных магмоподводящих каналов, многократное раскрытие которых привело к последовательному формированию вулканических комплексов, а длительное поступление рудоносных флюидов объясняет формирование в их пределах ареалов рассеянной рудной минерализации. Рудные месторождения контролируются главным образом глубинными сдвиговыми зонами, структурно-динамические особенности развития которых были благоприятны не только для восхождения флюидных потоков, но и обеспечивали концентрацию руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Олейников А.В., Коваленко С.В., Кутуб-Заде Т.К. и др.* Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Венюковки, Кабаньей, Килоу. Владивосток: Примор. террит. фонд геол. информации, 1979. 301 с.
2. *Уткин В.П., Сорокин Б.К., Юшманов Ю.П. и др.* Геолого-структурные условия локализации золото-серебряного оруденения в южной части Самаргинского рудного района. Владивосток: Примор. террит. фонд геол. информации, 1980. 268 с.
3. *Уткин В.П.* // ДАН. 1976. Т. 228. № 5. С. 1189–1192.
4. *Уткин В.П.* Сдвиговые дислокации и методика их изучения. М.: Наука, 1980. 144 с.
5. *Уткин В.П.* // ДАН. 1986. Т. 289. № 4. С. 947–951.
6. *Уткин В.П., Неволин П.Л., Митрохин А.Н. и др.* // ДАН. 2004. Т. 394. № 5. С. 654–659.
7. *Уткин В.П.* // ДАН. 2005. Т. 404. № 5. С. 659–663.