УДК 553.676

В.И.Ефимов, В.П.Барабанов

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ БАЖЕНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАЗМЕЩЕНИИ ПРИРОДНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ РУД

Установлена первостепенная роль зоны разломов в формировании и сохранении хризотил-асбестового оруденения баженовского подтипа, который может быть отнесен к месторождениям приразломного метаморфизма.

The paramount role of deep faults was revealed within formations process and preservation of chrysotile-asbestos mineralization of the Bazhenovsky subtype. Therefore, it could be related to deposits formed by the near-a-fault metamorphism.

Введение

Первое научное описание геологического строения Баженовского месторождения хризотил-асбеста* выполнил в 1925 г., т.е. 70 лет тому назад, Павел Михайлович Татаринов [7]. В 1925-1927 годах под его руководством район месторождения был закартирован в масштабе 1:5000: определены основные черты геологического строения массива гипербазитов и месторождения, оконтурены с поверхности асбестоносные участки, найдены новые залежи асбеста, установлены их морфология и строение. Геологические материалы обобщены в известных монографиях о структуре Баженовского месторождения [7-9]. Уже в первой из них были сформулированы понятия о зональности рудных тел по отношению к разломам и безрудным ядрам гипербазитов. Развитие этих представлений [9] предопределило перспективы месторождения и необходимость постановки поисковых работ на глубину. В 1950-1957 годах при разбуривании рудного поля Баженовского месторождения по опорным профилям скважинами через 400 м друг от друга до глубины 300 м и отдельными скважинами до глубины 1200 м учитывались представления П.М.Татаринова о структуре месторождения. В результате установлено наличие второго и третьего структурных этажей с глубинными залежами асбеста (Соловьев, Золоев, Круцко, 1959; [9]). К 1984 г. промышленная оценка Баженовского месторождения была в целом завершена, она подтвердила представления П.М.Татаринова о структуре рудного поля и масштабах оруденения [1].

Современные взгляды на структуру рудного поля развиваются с учетом новых геолого-петрологических данных, полученных при бурении скважин глубиной до 2,0 км, более глубоком познании геотектоники и геологии района с позиций как геосинклинальной, так и плитной концепций развития уральского региона. При этом подтверждаются взгляды П.М.Татаринова на структурный и литологический контроль асбестового оруденения Баженовского месторождения.

Природные и технологические типы руд

Следуя за П.М.Татариновым в понимании вещества асбестовых руд как главного носителя геологической информации, остановимся на характеристике природных и промышленных типов руд.

В основу выделения типов асбестоносности положены характер вмещающих пород

---

* В дальнейшем асбест.

(степень серпентинизации), взаимное расположение жил асбеста в пространстве, мощность жил хризотил-асбеста и длина слагающего их волокна. Природные типы руд на Баженовском месторождении соответствуют шести типам асбестоносности: простые и сложные отороченные жилы, крупная и мелкая сетка, мелкопрожил и просечки. В последние годы в связи с вовлечением в эксплуатацию руд с косо- и продольно-волокнистым асбестом выделяются участки, на которых развиты косо- и продольно-волокнистые жилы с промышленным содержанием асбеста в отличие от зон просечек с поперечно-волокнистыми или косоволокнистыми жилами асбеста с непромышленным содержанием волокна.

Для рудных залежей характерна зональность, выражающаяся в смене участков, сложенных проявлениями различных типов асбестоносности, в направлении от безрудных перидотитовых блоков к зонам разломов.

Характер жилкования и типы асбестоносности взаимосвязаны генетически, так же, как и определенные типы серпентинитов обусловлены составом исходных материнских пород. Так, например, продольно-волокнистый тип асбестоносности больше характерен для дунитов и аподунитовых серпентинитов, чаще преимущественно лизардитового состава. Наиболее ценные в практическом отношении типы асбестоносности с мощными жилами асбеста, заключающие длинное волокно, предпочтительнее развиваются в гарцбургитах (перидотитах) и апогарцбургитовых серпентинитах, в которых пироксен содержится в умеренных количествах (10-20 %). В дунитах, как правило, залегают менее мощные жилы и прожилки асбеста, а в пироксенитах они вообще не образуются. В разных типах асбестоносности состав серпентинитов и серпентинизированных перидотитов различный, в связи с чем они имеют и неодинаковые механические свойства. В результате руды различаются по технологическим параметрам.

Различный минеральный состав асбестовых руд обуславливает изменчивость их физико-механических свойств на разных участках месторождения. Еще в конце 30-х годов И.Ф.Гергенредер под руководством П.М.Татаринова проводил исследования по типизации асбестовых руд Баженовского месторождения на основе изменчивости их петрографического состава, физико-механических свойств и характера жилкования. В 70-е годы институтом ВНИИпроектасбест была предложена классификация асбестовых руд по типам асбестоносности с учетом первичного состава вмещающих пород, степени и характера их серпентинизации [6]. Классификация руд, основанная на примерно таких же принципах, разработана и в ПГО "Уралгеология". Однако эти классификации практически не использовались из-за невозможности селективной добычи руд.

Исследования по типизации руд Баженовского месторождения привели к выявлению зависимости прочности и других параметров вмещающих пород (руд) от минерального состава, что позволило охарактеризовать группы руд (отороченные жилы, крупная сетка и т.д.) с близкими физико-механическими свойствами, определяющими примерно одинаковые технологические показатели обогащения. В результате по технологическим свойствам обогащения асбестовые руды месторождения были разделены на две группы: руды с нормальными технологическими свойствами и руды с неблагоприятными технологическими свойствами.

К I группе относятся руды зоны отороченных жил, крупной сетки, мелкой сетки и мелкопрожила в перидотитах (пироксеновых дунитах, дунит-гарцбургитах и гарцбургитах) и апоперидотитовых серпентинитах. Во II группу входят руды в дунитах и аподунитовых серпентинитах (залежь Грязновская, 8д и др.), руды с косо-, продольно-волокнистым и ломким асбестом и руды частично выветрелые.

По данным технологического изучения, из руд II группы извлекается 81-85 % асбеста, а из руд I группы - 86-96 %. Расчетный коэффициент на лабораторное содержание (один из характерных показателей) для руд I группы - 1,68-1,93, для руд II группы - 1,0-1,55. Приведенные обобщающие показатели обогащения характеризуют существенную разницу в рудах I и II групп. В различные периоды эксплуатации месторождения необходимо знать соотношение добываемых типов руд. Наши исследования показали, что в общем балансе запасов по Баженовскому месторождению доля руд I группы составляет 54,7 %, II группы - 45,3 %. Эти показатели характеризуют усредненное распределение руд I и II групп в разведанном и геометризованном пространстве месторождения. Существуют наиболее общие и локальные

закономерности в распределении типов и групп асбестовых руд, которые генетически связаны с формированием структуры рудного поля в дорудный этап формирования месторождения.

Геотектонические и структурно-тектонические условия формирования Баженовского месторождения

Сложившиеся за много лет исследований представления о геотектонических условиях формирования месторождений хризотил-асбеста баженовского подтипа и особенно Баженовского месторождения отражают геосинклинальную концепцию геологического развития Урала [1, 5, 10]. В соответствии с ней формирование структуры рудного поля связывалось с проявлением прототектоники, разрывными нарушениями дорудного этапа и одновременным с асбестообразованием проявлением пострудных нарушений [2]. В пределах Главного рудного поля развито восемь меридиональных крутопадающих зон разломов, каждая из которых прослеживается на расстояние от 3,0 до 12,0 км. Гипербазиты рудного поля разделены ими на полосы меридионального простирания шириной от 50 до 300 м, реже 600 м. Диагональными и широтными разломами эти полосы расчленены на отдельные участки длиной до нескольких сотен метров, редко до 2 км, а горизонтальные и пологопадающие разломы, отстоящие друг от друга на расстояние до 900 м, разделяют их по вертикали. По периферии вдоль зон разломов эти участки асбестоносны, а в центральных частях включают блоки слабо серпентинизированных неасбестоносных перидотитов (рис.1).

При геологическом доизучении масштаба 1:50 000 и 1:25 000 зоны сочленения Восточно-Уральского поднятия и одноименного прогиба, к которой приурочено Баженовское месторождение, было установлено широкое развитие структур будинажа и меланжа (Рапопорт и др., 1974; Мамаев и др., 1989). Это дало толчок к рассмотрению вопроса образования блоков перидотитов в залежах и асбестоносных полосах как тектонических образований.

При разбуривании Баженовского месторождения до глубины 2,0 км по отдельным профилям с целью определения перспектив асбестоносности стало очевидным, что сохранившиеся блоки перидотитов в центре залежей асбеста являются мегабудинами, имеющими тектоническую природу. Была исследована последовательность образования трещин и их заполнителей на различных этапах формирования месторождения, а также изучены структурные и тектонические факторы контроля на дорудном этапе формирования месторождения. Выявлено, что их выполняют жильные тела родингитов апогаббровой природы. Масштабы распространения родингитов оказались сопоставимы с промышленной асбестоносностью месторождения. С учетом этого был сделан вывод о том, что жильный габбровый комплекс пород внедрен в сильно тектонизированные гипербазиты [3].

Выделяют полого- и крутозалегающие жилы родингитов, причем тела с углами падения 0-30^0 приурочены преимущественно к границе между блоками серпентинизированных перидотитов и сетчатым типам асбестоносности, а крутопадающие - к зонам разломов. Тектоническое расслоение гипербазитов подчеркивается в зоне западного эндоконтакта апофизами габбро, отходящими от массива основных пород в тело гипербазитов. Вместе с тем жильные тела подчеркивают эллипсоидальную форму блоков перидотитов, указывая тем самым на время ее образования. Пологозалегающие тела родингитов приурочены к трещинам отрыва. Все это дало основание сделать заключение о заложении общей структуры макро- и мегабудинажа на месторождении в догаббровый период в результате протрузивного перемещения массива гипербазитов (рис.2, 3) [4]. При изучении трещиноватости пород с замерами сдвиговых составляющих по методу К.П.Плюснина составлена структурно-кинематическая схема трещиноватости пород месторождения и выявлено, что жильные комагматы габбро (родингиты) локализованы преимущественно в планетарной карадокской системе трещин. С учетом этого время внедрения габбро датируется верхней половиной воз-

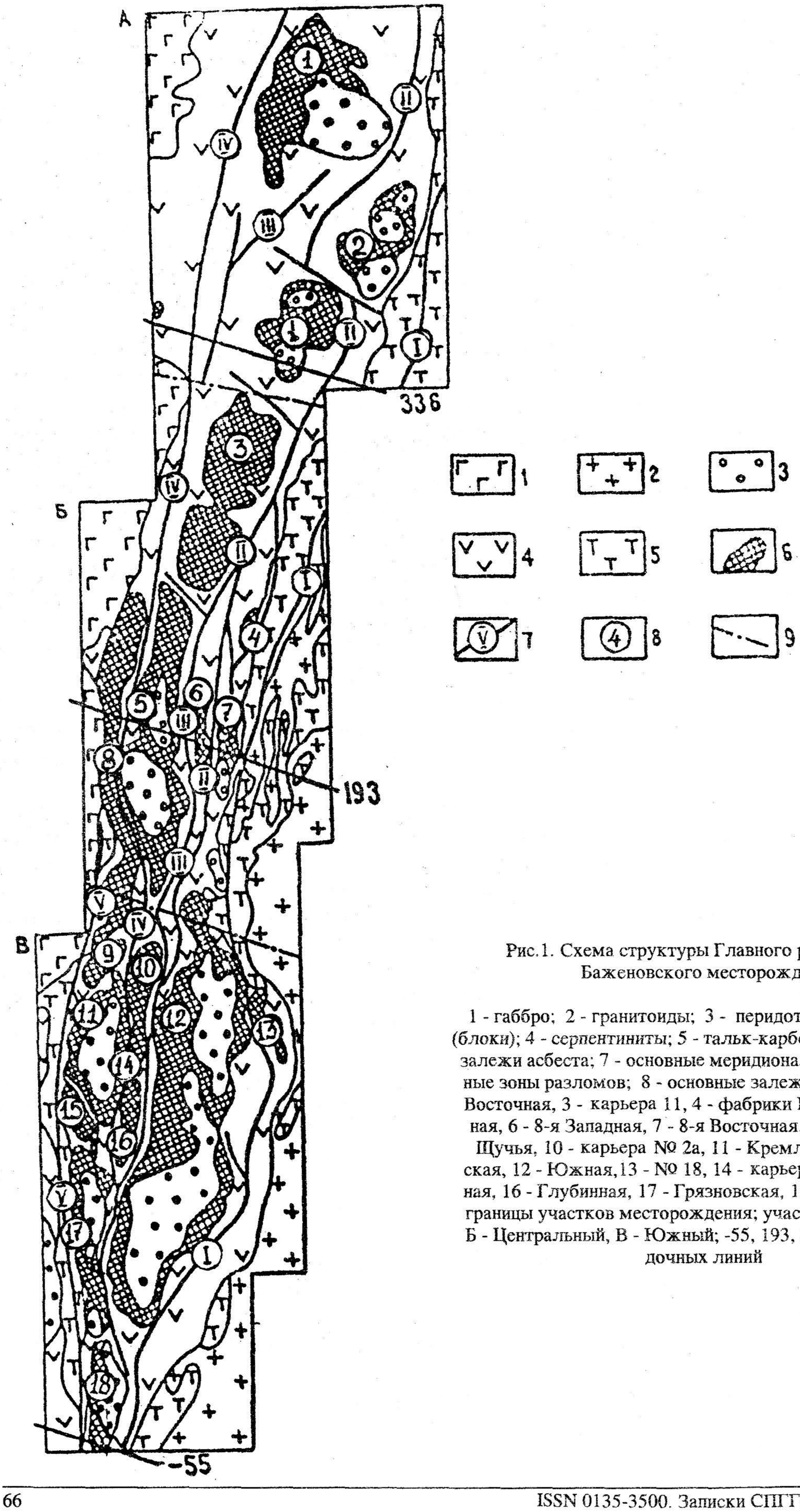


Рис.1. Схема структуры Главного рудного поля Баженовского месторождения

1 - габбро; 2 - гранитоиды; 3 - перидотиты, реже дуниты (блоки); 4 - серпентиниты; 5 - тальк-карбонатные породы; 6 - залежи асбеста; 7 - основные меридиональные и диагональные зоны разломов; 8 - основные залежи: 1 - Северная, 2 - Восточная, 3 - карьера 11, 4 - фабрики № 2, 5 - Центральная, 6 - 8-я Западная, 7 - 8-я Восточная, 8 - Пожарная, 9 - Щучья, 10 - карьера № 2а, 11 - Кремлевско-Николаевская, 12 - Южная,13 - № 18, 14 - карьера 2б, 15 - Школьная, 16 - Глубинная, 17 - Грязновская, 18 - карьера 8Д; 9 - границы участков месторождения; участки: А - Северный, Б - Центральный, В - Южный; -55, 193, 336 - номера разведочных линий

растного диапазона $O^{к}_{2-3}-Д^{I}_{I}$, а возраст протрузивного внедрения массива гипербазитов может быть определен как нижний-средний ордовик, что согласуется с более поздними данными по возрасту гипербазитов Урала.

Характер взаимодействия различных частей пластины гипербазитов при ее тектоническом перемещении отражает форма блоков перидотитов, их размеры и направление падения. Наиболее крупные блоки развиты в Главной асбестоносной полосе. Их длина по простиранию 1200-1300 м, в то время как в Западной полосе - 600-100 м, а в Восточной - 150-50 м, т.е. иерархия блоков отражает тектонические нагрузки при перемещении гипербазитов и позволяет определить лежачий бок и другие элементы

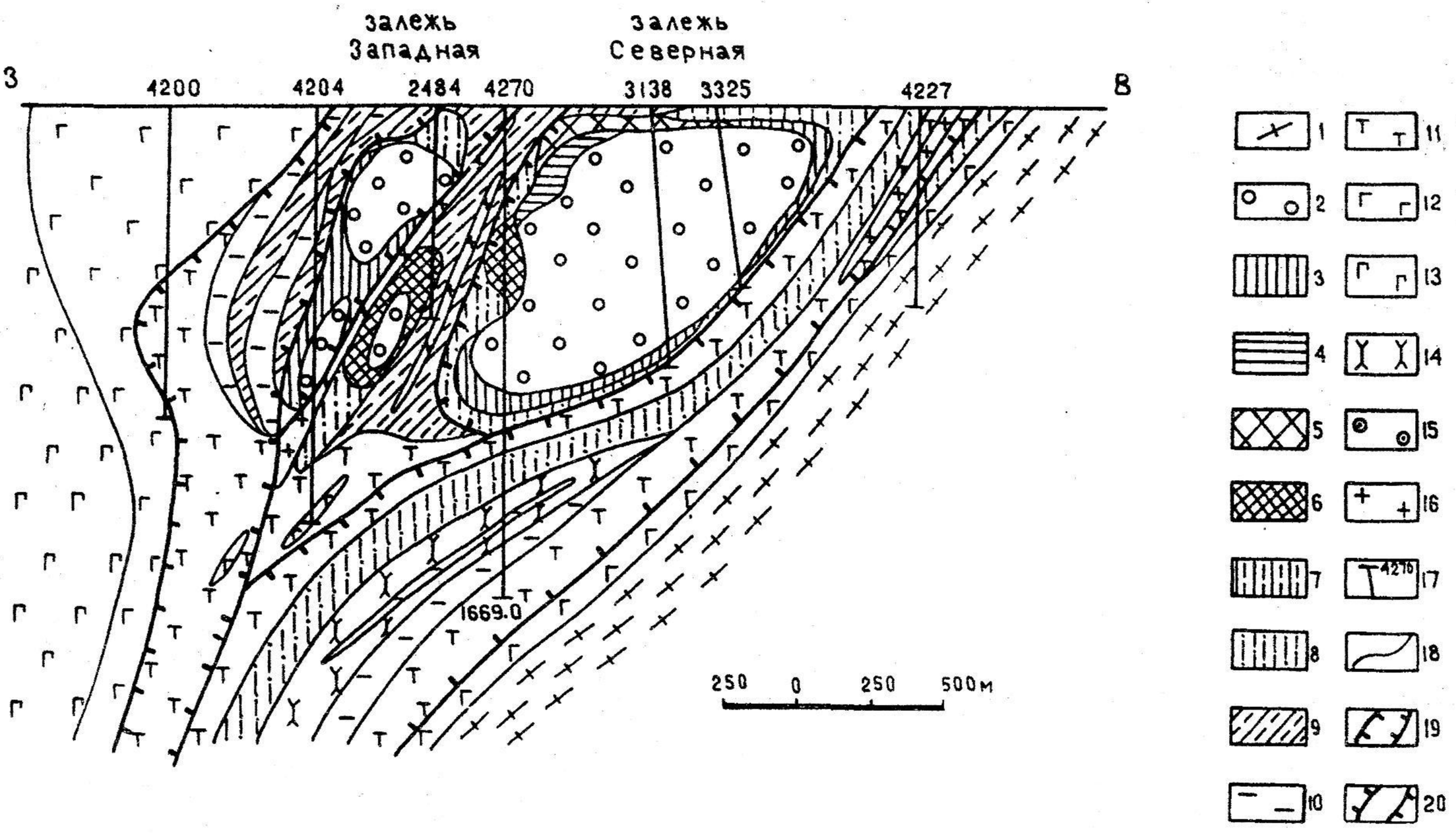


Рис.2. Геологический разрез по линии 336 с реконструкцией тектонических зон меланжа

1 - гнейсы, плагиогнейсы; 2-4 - перидотиты (2 - неасбестоносные, 3 - с бедными отороченными жилами, 4 - с отороченными жилами асбеста); 5-10 - серпентиниты (5 - с крупной сеткой жил асбеста, 6 - с мелкой сеткой жил асбеста, 7 - с продольно-волокнистыми жилами асбеста, 8 - с поперечно-волокнистыми просечками асбеста, 9 - с продольно-волокнистыми просечками асбеста, 10 - неасбестоносные); 11 - тальк-карбонатные породы; 12 - габбро, габбро-нориты; 13 - габбро-диабазы; 14 - хлорит-амфибол-карбонатные породы; 15 - пироксениты; 16 - диориты; 17 - структурные скважины последних лет; 18 - геологические границы пород; 19 - границы внешних зон меланжа; 20 - границы внутренних зон меланжа

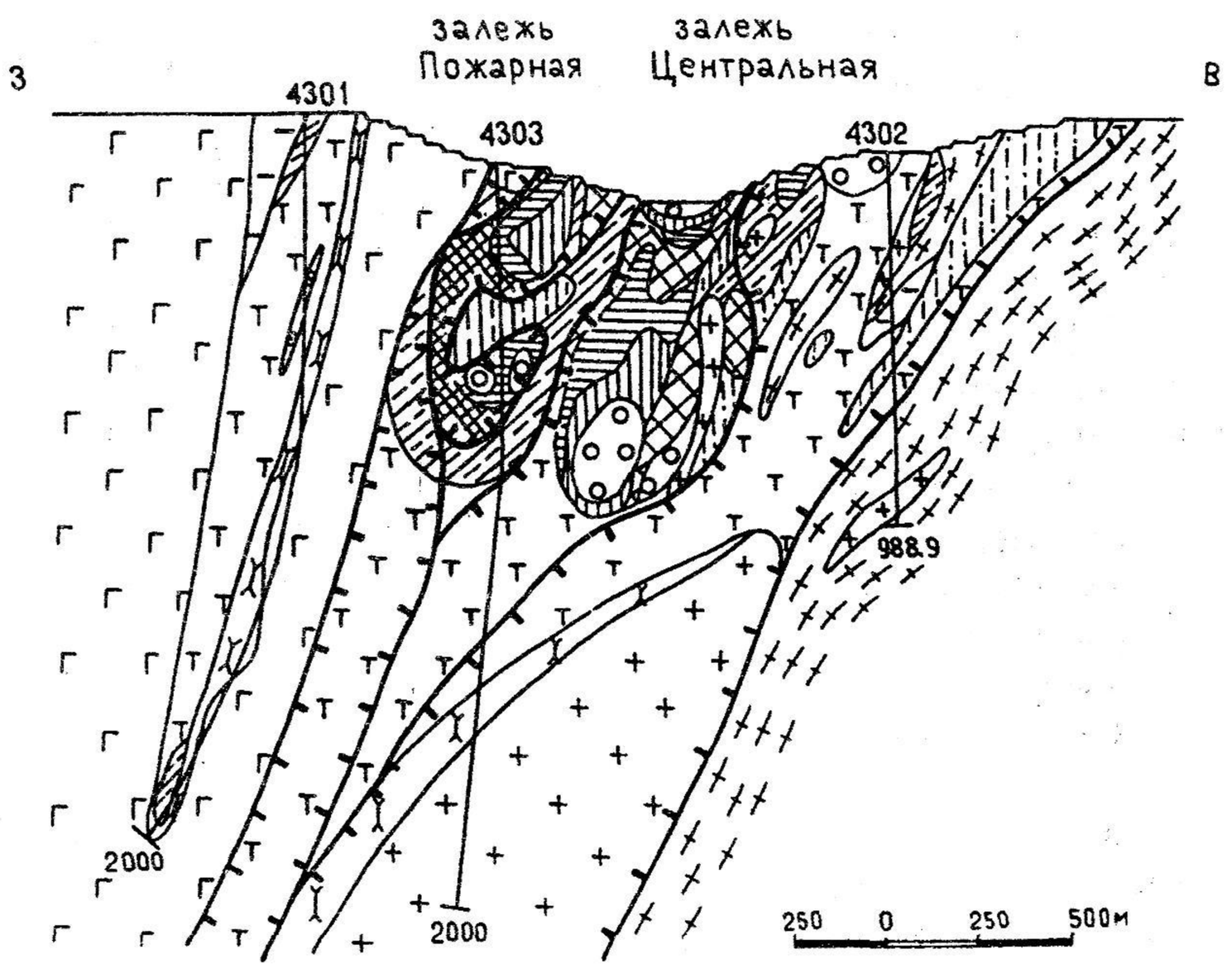


Рис.3. Геологический разрез по линии 193 с реконструкцией тектонических зон меланжа

Усл. обозначения см. рис.2

при протрузировании гипербазитов. Зонам разломов в современном разрезе гипербазитов соответствовали зоны тектонического меланжа в ордовике, которые по отношению к массиву гипербазитов можно разделить на внешние (на эндоконтактах) и внутренние (внутри массива). По небольшим размерам перидотитовых блоков в Восточной асбестоносной полосе или чаще по их отсутствию в строении залежей можно сделать вывод, что эта часть массива гипербазитов являлась лежачим боком протрузии. По этому признаку Западной асбестоносной полосе соответствует ее висячий бок.

Закономерности формирования и размещения природных и промышленных типов руд

Тектоническое расслоение и будинаж гипербазитов сопровождались формированием сложной трещинной тектоники и происходило в условиях динамического сжатия. Созданная система разломов и трещиноватости служила путями проникновения различных растворов и отложения в них жильных пород. В интрарудный этап, когда район и гипербазиты находились в состоянии динамического растяжения, сопровождавшегося приоткрыванием трещин, (320-300 млн.лет) в последних отлагался хризотил-асбест. Поскольку асбестообразование (в том числе непромышленное), по существу, происходило в пределах всего массива гипербазитов, сформировавшиеся типы асбестизации отражают характер и масштабы дорудной трещиноватости. Так, в пределах зон разломов асбестоносность представлена просечками поперечно- и чаще продольно-волокнистого асбеста. В приразломных частях залежей хризотил-асбеста развита зона мелкой сетки, переходящая в направлении к перидотитовому ядру в зону крупной сетки, а последняя - в зону отороченных жил, которая сменяется безрудными перидотитами. Отклонение от типичной зональности в смене асбестоносных зон залежей наблюдается довольно часто и отражает специфические черты тектонического расслоения гипербазитов в ордовике.

Интересна в этом отношении залежь Пожарная, приуроченная к Западной асбестоносной полосе. Здесь на протяжении сотен метров наблюдается закономерный переход от зоны отороченных жил в зону с косо- и продольно-волокнистым асбестом. Наличие такой смены можно объяснить только проявлением тектонического меланжирования гипербазитов на дорудном этапе, но более высокого порядка, чем в зонах разломов. Если учесть, что основные промышленные запасы руд с косо- и продольно-волокнистым асбестом сконцентрированы в залежах Западной асбестоносной полосы, а залежи Восточной сложены такими же рудами на 80 %, то с учетом ранее сказанного становится очевидным наличие генетической связи между природными типами руд (зонами асбестоносности) и иерархической соподчиненностью тектонических нарушений и трещинной тектоники.

При рассмотрении природных и технологических типов руд мы описывали характер их соотношения. С учетом приведенных материалов сравнение условий локализации технологических типов руд Баженовского месторождения позволяет сделать вывод о том, что их формирование, так же как и природных, в основном предопределено структурно-тектоническими условиями дорудного этапа.

Переработка руд с продольно-волокнистым асбестом из различных залежей месторождения показывает, что они имеют различные показатели обогащения. Выявлено в частности, что руды с продольно-волокнистым асбестом, локализованные в зонах меланжа высоких порядков, характеризуются наилучшим качеством (залежь Пожарная). Ниже качество руд в залежах, где продольно-волокнистый асбест приурочен к краевым частям внутренних и внешних зон меланжа.

Выявленные геолого-структурные закономерности могут служить критерием бестехнологической оценки качества руд продольно-волокнистого асбеста различных залежей Баженовского месторождения.

Таким образом, рассмотрение механизма формирования зон разломов, как зон меланжа, объясняет местоположение руд различных типов асбестоносности, в том числе и локализацию косо- и продольно-волокнистого асбеста.

Заложенные в дорудный этап развития месторождения зоны разломов, как уже отмечалось, в интрарудный этап служили путями проникновения асбестообразующих растворов. В пострудный этап происходил метаморфизм образовавшихся асбестовых руд по зонам разломов с превращением их вблизи зон разломов в руды с ломким асбестом. Таким образом, одни и те же зоны разломов в разное время служили различным целям. На заключительном этапе развития месторождения хорошо развитая система разломов со сбалансированным распределением высокотемпературных флюидов и растворов позволила сохранить от полного уничтожения под действием тальк-карбонатного метасоматоза уникальное месторождение.

Приведенные материалы подтверждают и развивают идеи П.М.Татаринова о первостепенной роли зон разломов в формировании и сохранении хризотил-асбестового оруденения баженовского подтипа. По этому критерию баженовский подтип месторождений асбеста может быть отнесен к месторождениям приразломного метаморфизма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженовское месторождение хризотил-асбеста / Под ред. К.К.Золоева, Б.А.Попова. М.: Недра, 1985. 271 с.

2. *Дыбков В.Ф.* Баженовское месторождение. Структура рудного проля и размещение залежей асбеста // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М.-Л.-Новосибирск: Недра, 1967. С.27-37.

3. *Ефимов В.И.* Некоторые структурно-тектонические особенности формирования Баженовского месторождения хризотил-асбеста // Рудообразование в геологической истории Урала / Свердл. горн. ин-т. Свердловск, 1987.

4. *Ефимов В.И.* Условия формирования и закономерности размещения ломкого хризотил-асбеста на Баженовском месторождении. Автореф. ... канд. геол.-минер. наук / Свердл. горн. ин-т. Свердловск, 1988.

5. *Золоев К.К.* Месторождения хризотил-асбеста в гипербазитах складчатых областей. М.: Недра, 1975. 193 с.

6. *Зырянов В.А.* Методика исследования руд хризотил-асбеста и их типизация на примере Баженовского месторождения // Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста / Свердл. горн. ин-т. Свердловск, 1976.

7. *Татаринов П.М.* К геологии Баженовского асбестового района // Вестник Геол. ком. 1925. № 5. С.4-9.

8. *Татаринов П.М.* Восточная полоса габбро-перидотитовых интрузий Среднего Урала // Петрография СССР. М.: Изд-во АН СССР,1940. Серия I, вып. 9. С.231-240.

9. *Татаринов П.М.* Структура рудного поля Баженовского асбестового района // Мат. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-та. 1948. Вып. 4. С.21-33.

10. *Татаринов П.М.* Генезис жил хризотил-асбеста и его месторождений // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М.-Л.-Новосибирск: Недра, 1967. С.454-465.