Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова. 1989. Т. 119

УДК 553.064

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛЮДОНОСНОСТИ ПЕГМАТИТОВ МАМСКО-ЧУЙСКОЙ МУСКОВИТОВОЙ ПРОВИНЦИИ НА ОСНОВЕ КРУПНОМАСШТАБНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ПЕГМАТИТОВЫХ ПОЛЕЙ

М. А. ИВАНОВ

В настоящее время резко возросли требования промышленности к качеству и размерам кристаллов мусковита, добываемых из пегматитов. Объекты с таким видом сырья с поверхности в основном отработаны, и для освоения глубоких горизонтов месторождений требуются новые, более эффективные критерии локального прогноза. Решение этой задачи непосредственно связано с совершенствованием методики геологического картирования пегматитовых полей.

Показателен в этом отношении пример Мамско-Чуйской мусковитовой провинции, где автором практические результаты прогнозирования были получены после того, как геолого-съемочные работы нацелили на создание общей модели строения продуктивных участков. В данной статье рассмотрены некоторые итоги этих работ.

Теоретической основой выполнения исследований явились представления о перекристаллизационно-метасоматическом генезисе пегматитов [4,6]. Поскольку эти представления базируются на выводах о развитии пегматитового процесса в жильных телах материнских гранитов по принципу открытой системы, образовании кварц-полевошпатового материала пегматитов в результате перекристаллизации гранитов, а мусковита и других более редких минералов — метасоматическим путем, очевиден и вывод о ведущей роли тектонического фактора в распределении пегматитов и локализации слюдоносных зон.

Следовательно, для решения поисковых задач важно знать последовательность и формы проявления в породах разновозрастных деформаций, связь с ними тел материнских гранитов, пегматитов, зон мусковитизации. Важно учитывать и положение зон дробления пород, понижающих качество слюды. Иначе говоря, зная план разновозрастных деформаций и их структурно-вещественные признаки, можно прогнозировать расположение слюдоносных жил и оценивать сохранность мусковита в пегматитах. Это положение и определило методику проведенных исследований.

При картировании пегматитовых полей учитывался опыт геолого-съемочных работ П. С. Максюты, Д. Ф. Кочмарева, В. Н. Чеснокова, А. П. Кочнева, А. В. Спиридонова и других геологов. Однако главная особенность проведенных работ заключается в широком использовании приемов детального изучения генетических взаимоотношений пород и минералов пегматитов, разработанных В. Д. Никитиным [4]. Кондицион-

ность карт, фрагмент которых демонстрируется (рис. 1), достигалась не только точным определением местоположения и полной геологической передокументацией всех доступных для осмотра горных выработок и естественных обнажений, но и специальными способами интерпретации геологических данных, позволяющими достаточно точно отразить на картах истинную картину распределения пород. Способы эти учитывают разнообразие морфологических и структурно-текстурных особенностей пород, но в основе своей опираются на известный принцип, согласно которому взаимоотношения пород, наблюдаемые непосредственно в обнажениях и горных выработках, в значительной степени отражают характер распределения этих пород на больших площадях.

Приемы картирования отрабатывались на хорошо изученных («эталонных») участках — гольцах Осеннем, Решающем, Перевале, Еремихе. Обратимся к результатам исследований, полученным в процессе картирования. Общая площадь съемки, проведенной в масштабе 1: 2000, составила 25 км^2.

Высококачественным крупноразмерным мусковитом наиболее богаты те части провинции, где граниты и пегматиты насыщают толщу метаморфических пород на 30—70% и залегают в виде секущих и согласных тел сложной морфологии, названных гигантомигматитами. В этих телах промышленно ценные пегматиты образуют скопления (слюдоносные узлы), представляющие собой главные объекты поисков. Проведенными съемочными работами было охвачено 10 таких участков.

Как показали исследования, в образовании слюдоносных узлов ведущую роль играли северо-восточные (субширотные) сдвиги, направленные вдоль оси Мамского синклинория [1,2]. Имеются в виду региональные и локальные тектонические нарушения, определившие размещение тел плагиоклаз-калишпатовых гранитов, пегматитов и слюдоносных зон. К моменту их проявления мамская толща была смята в сжатые изоклинальные складки и насыщена плагиогранитами и плагиоклазовыми пегматитами [3]. Уровень регионального метаморфизма соответствовал условиям фации альмандиновых амфиболитов.

Проявлению сдвигов предшествовало левостороннее смещение осевой части синклинория относительно северо-западного крыла. В результате в породах северо-западного крыла образовался ряд кулисообразно расположенных флексурообразных складок субширотного простирания, аналогичных каскадным складкам сдвиговых зон [7]. Степень сжатия метаморфических пород в таких структурах увеличивается в направлении от северо-западной к осевой части синклинория. По-видимому, движения имели сложный характер и развивались при сочетании двух одновременно действующих составляющих: уже отмеченного левостороннего перемещения осевой части синклинория относительно северо-западного крыла и смещения в северо-восточном (субширотном) направлении нижних частей мамской толщи относительно верхних. При достижении предела пластичности пород пликативные нарушения сменились разрывными, в основном послойными, связанными с движениями нижних частей синклинория относительно верхних. Сдвиги оказались правосторонними, ориентированными под острым углом к флексурообразным складкам субширотного простирания, что и привело к возникновению в смыкающих частях флексур областей растяжения, благоприятных для заложения и раскрытия послойных и поперечных трещин — каналов для внедрения гранитного расплава. В результате смыкающие и антиформные части образовавшихся складок оказались насыщенными гранитным материалом.

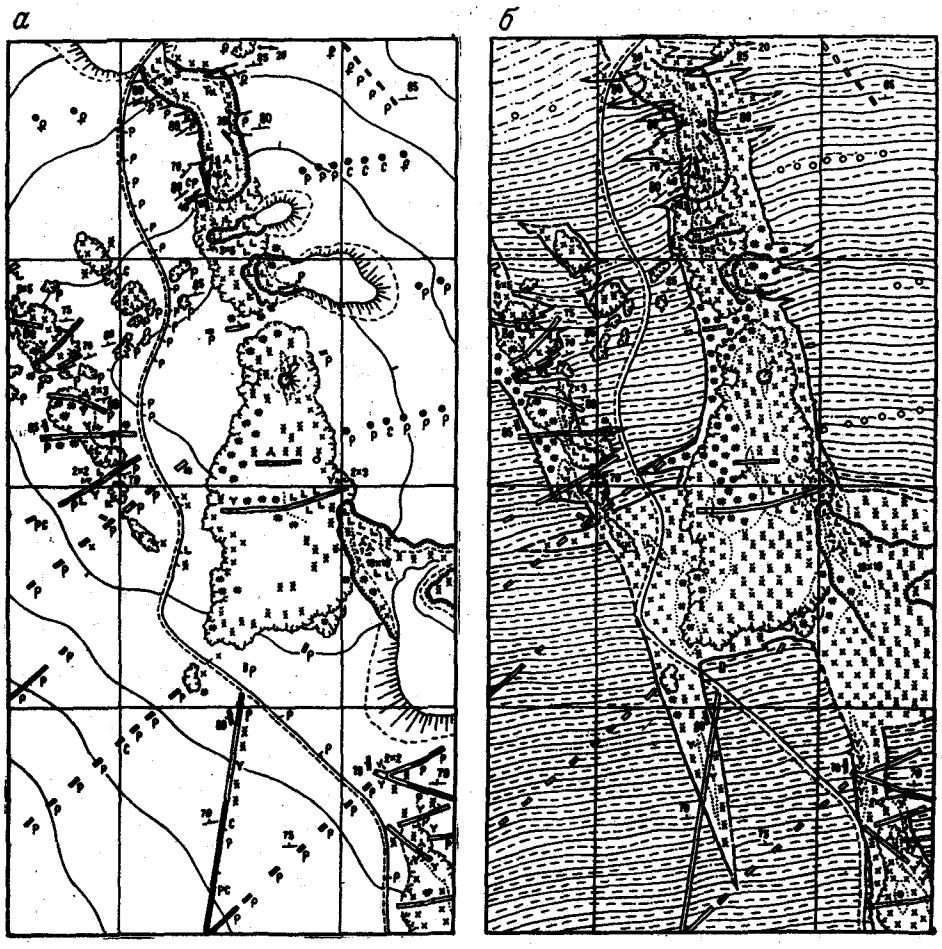


Рис. 1. Карта фактического материала (*а*) и составленная на ее основе геологическая карта (*б*) участка гольца Попутного (составил М. А. Иванов)

1 — метаморфические породы (*а* — биотитовые гнейсы, *б* — гранат-биотитовые гнейсы, *в* — гранат-амфибол-цоизит-кварцевые породы); 2 — пегматоидные граниты (*а* — мелкокристаллические, *б* — крупнокристаллические, *в* — крупнокристаллические с гнездами пегматитов графической структуры); 3 — пегматиты (*а* — графической структуры, *б* — неясногафической структуры, *в* — блоковой и пегматоидной структур); 4 — скопления кристаллов мусковита в пегматитах (*а* — кварц-мусковитового комплекса, *б* — пегматоидного), цифрами указаны размеры в сантиметрах наиболее крупных кристаллов в плоскости весьма совершенной спайности; 5 — скопления отдельных минералов в пегматитах (*а* — турмалина, *б* — берилла); 6 — горные выработки (*а* — канавы и шурфы, пройденные по метаморфическим породам, *б* — канавы и шурфы, пройденные по гранитам и пегматитам); 7 — элементы рельефа (*а* — естественные обнажения, *б* — дороги); 8 — ориентировка структурных элементов метаморфических пород (*а* — сланцеватости, *б* — контактов с гранитами и пегматитами, *в* — линейности по биотиту, цоизиту, амфиболу)

После кристаллизации расплава новые проявления межпластовых правосторонних сдвигов вызвали образование зон повышенной проницаемости для растворов, под действием которых граниты были преобразованы сначала с пегматоидные граниты, а затем в пегматиты. С такими же подвижками было связано распределение растворов, вызвавших развитие в пегматитах процесса мусковитообразования.

Таким образом, на протяжении периода формирования слюдоносных пегматитов в основном сохранялась преемственность в расположении и ориентировке сдвиговых нарушений, поэтому причины концентрации пегматитов в слюдоносные узлы следует искать, изучая закономерности развития деформаций в долгоживующих сдвиговых зонах. Пока что можно видеть ярко выраженную аналогию между геолого-структурными особенностями размещения и внутреннего строения слюдоносных узлов и закономерностями распределения тектонических нарушений, выявленных при геологическом и экспериментальном изучении сдвиговых зон [7]. Это и приуроченность узлов к определенным частям складчатых структур, и локализация в поперечно секущих пластообразных и трубообразных телах материнских гранитов, распределенных лестнично через равные расстояния вдоль сдвиговых зон, и многие другие особенности, хорошо известные исследователям мамских месторождений. Отметим лишь те, которые были выявлены в результате проведенного картирования:

1. Существует определенная зависимость между средними расстояниями, на которые отстоят друг от друга лестнично расположенные секущие разрывы в гигантомигматитах, контролирующих слюдоносные узлы, и шириной смыкающих крыльев флексур, к которым эти узлы приурочены. Отношения первой величины ко второй составляют 0,7—1,0 и зависят от физико-механических свойств метаморфических пород, вмещающих граниты и пегматиты. Чем выше хрупкость породы, тем меньше размер «шага» между слюдоносными узлами.

2. Распределение слюдоносных зон в узлах контролируется тектоническими нарушениями, связанными с правыми послойными сдвигами северо-восточного (субширотного) направления. Направление сдвигов практически совпадает с линейностью пегматоидных гранитов плагиоклаз-калишпатового состава, выраженной в расположении кристаллов полевых шпатов и слюд, особенно мусковита. Такие сдвиги располагаются поэтажно в вертикальном разрезе, причем в некоторых случаях они протягиваются через несколько слюдоносных узлов. Устанавливаются они по интенсивному развитию динамометаморфических полосчато-линейных текстур в пегматоидных гранитах, а также зон мусковитизации в этих и метаморфических породах. Слюдоносные зоны ориентированы преимущественно вкрест простирания сдвиговых нарушений и чаще всего располагаются в блоках пород, заключенных между двумя или несколькими нарушениями такого типа. Устанавливается определенная зависимость морфологии и ориентировки слюдоносных зон от состава (физико-механических свойств) вмещающих метаморфических пород [1].

3. Положение многих слюдоносных узлов фиксируется сериями внутрипегматитовых гранитных даек, образовавшихся при внедрении дополнительных порций расплава и переработке дайковых гранитов вдоль сколовых трещин, завершающих проявление сдвиговой тектоники в период формирования пегматитов. Позиция даек соответствует трещинам R′ сдиговых зон (по С. С. Стоянову [7]).

4. В пределах тектонических зон, контролирующих распределение мусковита в пегматитах, породообразующие минералы испытали значи-

тельные метаморфические изменения (структурные, вещественные и др.), вызванные воздействием метасоматизирующих растворов [5].

Перечисленные особенности слюдоносных узлов были использованы как поисковые критерии при разработке практических рекомендаций по направлению поисковых работ на трех участках северо-восточной части провинции на основе составленных карт. В результате на первом участке (гольцы Гремучий, Попутный, Рудничный) прогноз подтвердился — в прогнозных участках выявлено шесть слюдоносных жил. На втором участке (голец Голый), где предполагалось поисковым бурением на значительной глубине обнаружить слюдоносные жилы на пересечении слюдоконтролирующей сдвиговой зоны с гигантомигматитами смыкающего крыла субширотной флексуры, промышленных запасов мусковита в пегматитах не выявлено, хотя их повышенная слюдоносность подтверждена многими пересечениями. На третьем участке (голец Противорудничный) бурением вскрыты пегматиты с промышленными запасами мусковита.

Таким образом, эффективность поисковых работ на первом участке оценивается как очень высокая, на втором имеет отрицательное значение, на третьем — соответствует среднему уровню эффективности поисковых работ в провинции. Прогноз в отношении морфологии гранитных тел, формы и ориентировки пегматитовых и слюдоносных зон на всех трех участках в основном подтвердился. Общий итог поисковых работ позволяет положительно оценить перспективы дальнейшего применения выявленных поисковых критериев.

В этом особенно убеждают результаты прогнозирования на первом участке. Обратимся к геологической карте (рис. 2). Очевидно, что пласт относительно хрупких метаморфических пород (мелкокристаллических гнейсов, мраморов) в смыкающем крыле флексуры оказался в зоне динамического воздействия двух, вероятно, правосторонних сдвигов, проявившихся в пластах относительно пластичных (существенно слюдистых, графитовых) гнейсов и сланцев. Породы, оказавшиеся в межсдвиговой зоне, были рассечены на блоки примерно через равные расстояния сколовыми и отрывными трещинами (трещины T, R, R′ сдвиговых зон, по С. С. Стоянову [7]). Подвижки северо-восточного (субширотного) плана вызвали раскрытие преимущественно поперечно секущих трещин и внедрение в образующиеся полости гранитного расплава. Так можно объяснить образование серии лестнично расположенных секущих гранитных тел северо-западного простирания, выклинивающихся при переходе из относительно хрупких в более пластичные метаморфические породы.

По развитию крупнокристаллических пегматоидных гранитов преимущественно в местах выклинивания секущих тел материнских гранитов, а также по ориентировке и развитию динамометаморфической полосчатости и линейности в пегматоидных гранитах установлено, что растворы, стимулирующие процесс перекристаллизации гранитов, проникали в породы главным образом по тектоническим каналам, возникшим под влиянием тех же правосторонних сдвигов. Распределение пегматитов также указывает на такой структурный контроль мест локализации очагов пегматитообразования — на выклинивании секущих гранитных тел, в участках их коленообразных перегибов, вблизи секущих контактов гранитов и метаморфических пород и в других местах, где при сдвигах возникали области растяжения.

Такую же структурную позицию занимают и слюдоносные зоны в пегматитах, но с той лишь разницей, что развиты они еще более локально, в участках, где пегматиты были подвержены в процессе сдвижения бло-

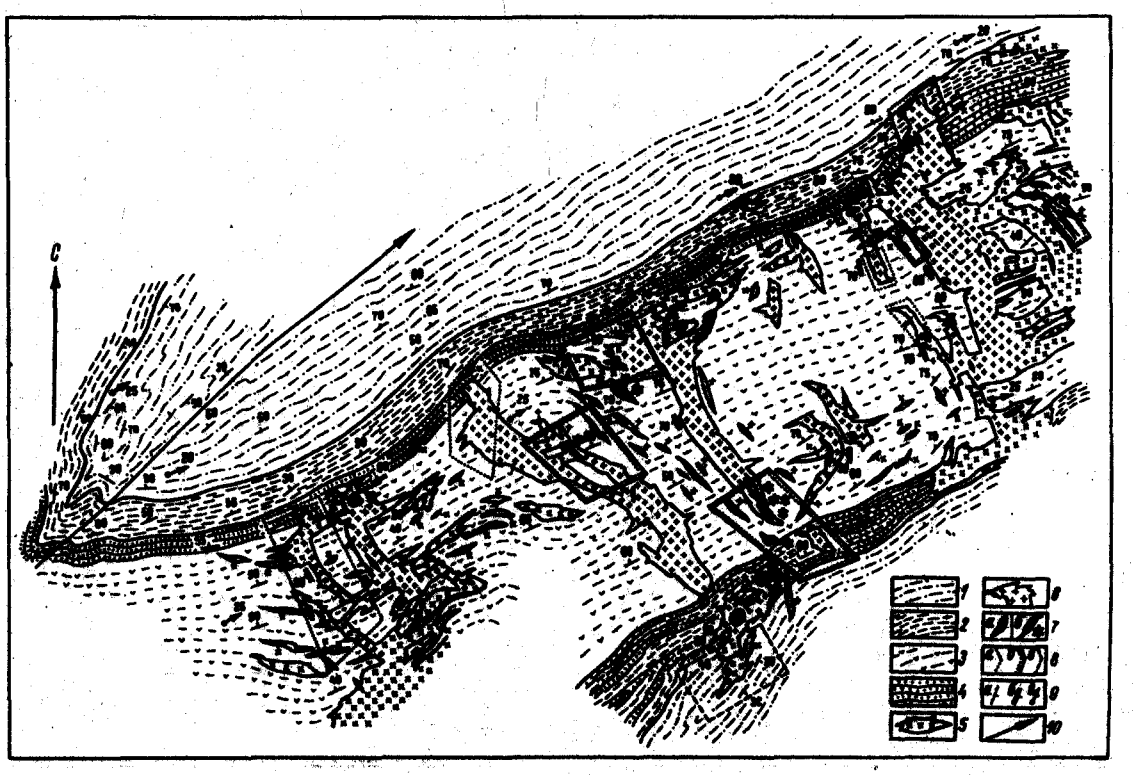


Рис. 2. Геологическая карта района гольцов Резервного, Гремучего, Попутного и Рудничного, иллюстрирующая закономерности распределения гранитов и пегматитов в складчатых структурах метаморфической толщи и результаты проведенных на основе этих закономерностей прогнозных и поисковых работ

1 — дистен-гранат-двуслюдяные гнейсы; 2 — двуслюдяные, дистен-гранат-мусковитовые гнейсы и сланцы; 3 — мраморы, амфибол-пироксен-цоизитовые известковистые породы, гранат-биотитовые и амфиболовые мелкокристаллические гнейсы; 4 — графитовые и двуслюдяные гнейсы и сланцы; 5 — граниты и пегматиты существенно плагиоклазовые (1-я возрастная группа); 6 — граниты и пегматиты плагиоклаз-калишпатовые (2-я возрастная группа); 7 — слюдоносные зоны в пегматитах (*а* — открытые до начала прогнозных работ, *б* — открытые после представления практических рекомендаций по поискам); 8 — контуры участков прогнозирования (*а* — представлены как перспективные, не опоискованы, *б* — представлены как перспективные, опоискованы, *в* — представлены как неперспективные, опоискованы); 9 — ориентировка метаморфических пород (*а* — сланцеватости, *б* — контактов с гранитоидами, *в* — линейности); 10 — ось синклинальной части флексуры

ков пород наибольшим деформациям с образованием проницаемых для растворов каналов и структурных «ловушек». Ведущая роль сдвиговых нарушений в распределении слюдоносных зон устанавливается по широкому развитию мусковитизации всех пород в узлах пересечения северо-восточных и северо-западных составляющих сдвиговых зон, а также по повышенным метаморфическим изменениям породообразующих минералов гранитов и пегматитов этих участков. Наиболее благоприятные условия для аккумуляции растворов и образования значительных масс крупнокристаллического мусковита создавались в гигантокристаллических разностях пегматитов, фиксирующих положение наиболее проницаемых тектонических зон. Такой анализ фактического материала, проводимый с учетом выявленных особенностей размещения слюдоносных узлов и их строения, и позволил правильно определить вероятные места локализации нескольких слюдоносных зон (рис. 2).

Что же касается результатов поисков на втором участке, где проводилось прогнозирование, то они объясняются недоучетом геологических факторов, влияющих на общий уровень слюдоносности пегматитовых полей. Имеется в виду влияние магматического, матаморфического и тектонического факторов, определивших интенсивность и полноту проявления процесса пегматитообразования в конкретных геологических условиях. Возникающие при этом задачи требуют выявления и использования при прогнозировании различий в условиях образования пегматитов слюдоносных узлов и непродуктивных частей провинции. Пока что эти задачи не решены.

В заключение следует отметить, что на основе разработанной модели геологического строения слюдоносных узлов [1,2] возможен прогноз не только слюдоносных жил на глубоких горизонтах открытых слюдоносных узлов, но и «слепых» узлов путем экстраполяции на глубину главных слюдоконтролирующих структур (зон сдвиговых деформаций, смыкающих крыльев флексурных перегибов метаморфических пород и др.), а также расчета вероятного положения слюдоносных узлов, исходя из установленной эмпирической зависимости ширины смыкающих крыльев флексур и «шага» между слюдоносными узлами в сдвиговых зонах. Ведутся работы по практической проверке этих новых приемов прогнозирования в центральной части провинции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иванов М. А.* К методике поисков и разведки слюдоносных зон в гигантомигматитах // Проблемы метод. разведки нерудн. полезн. ископ.: Сб. науч. тр. / Ленингр. горный ин-т. Л., 1985. С. 67—76. (Геол., поиски и разведка нерудн. полезн. ископ.).

2. *Иванов М. А.* Новые данные о структурно-тектоническом контроле слюдоносных пегматитов Мамско-Чуйской мусковитовой провинции // Метод. основы поисков и разведки нерудн. полезн. ископ.: Межвуз сб. научн. тр. / Ленингр. горный ин-т. Л., 1988. С. 12—18. (Геол., поиски и разведка нерудн. полезн. ископ.).

3. *Иванов М. А., Руденко С. А., Сосин Д. Т.* Основные черты становления плагиоклазовых пегматитов Мамско-Чуйской провинции // Зап. Ленингр. горного ин-та. 1987. Т. 112. С. 77—84.

4. *Никитин В.Д.* Пегматитовые месторождения // Генезис эндогенных рудн. месторожд. М.: Недра, 1968. С. 84—151.

5. *Руденко С. А., Иванов М. А., Романов В. А.* Метаморфизм минералов — важное явление в истории их формирования // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. 1978. Ч. 107, вып. 6. С. 697—710.

6. *Руденко С. А., Иванов М. А., Романов В. А.* Пегматитовый процесс в свете новых геолого-минералогических данных // Геол. и генезис пегматитов. Л.: Наука, 1983. С. 113—131.

7. *Стоянов С. С.* Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра, 1977, 143 с.