

УДК 553.3

ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

© А.П. Кочнев¹

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Показано, что при локальном прогнозировании использование геотектонического, геодинамического и формационного подходов минерагенического анализа ограничено и часто вообще невозможно, так как локальные объекты прогнозирования (рудное поле, узел и т.д.) располагаются в пределах одной тектонической области, одного вещественного комплекса пород, слагающего одну геологическую и рудную формацию. На таких территориях каждый элемент геологического пространства может рассматриваться как потенциально перспективный, а прогнозное районирование на основе комплексного анализа рудоносных структурно-вещественных комплексов и структур возможно, когда кроме прямых поисковых признаков учитываются и косвенные факторы, не имеющие непосредственной связи с наличием полезного ископаемого. Чаще всего такие косвенные факторы и признаки имеют качественную характеристику, реже описываются количественно или полуквадратно (в виде условных баллов или рангов).

При качественном прогнозировании не учитывается степень перспективности различных участков и, главное, используется не вся исходная информация – неизбежно преувеличивается роль одних факторов, а другие оставляются без должного анализа. Более объективный подход возможен на основе количественной оценки информации, которую несет каждый геологический признак, с привлечением известной в математической статистике программы «обучения» – нахождения числовых характеристик эталонных объектов, то есть заведомо известных месторождений или геологических объектов. Выявленные при этом количественные параметры эталонов сравниваются с неизвестными объектами, на основании чего определяется степень их перспективности и проводится минерагеническое районирование территории прогнозирования.

Объективными показателями пространственно-генетической связи различных признаков с полезными ископаемыми считаются различные статистические показатели, приемы определения которых известны в геологии: информативность, коэффициенты корреляции, сопряженности и др.

Приведен пример реализации методики локального количественного прогнозирования на основе применения показателя информативности слюдоконтролирующих признаков при составлении детальной прогнозной карты мусковитоносного пегматитового поля гольца Третьего рудника Слюдянка Мамской мусковитоносной провинции.

Ключевые слова: локальное количественное прогнозирование; информативность геологических признаков; слюдоносные пегматиты; Мамская мусковитоносная провинция.

FEATURES OF SOLID MINERALS LOCAL PREDICTION

A.P. Kochnev

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

It is shown that under local forecasting the use of geotectonic, geodynamic and formational approaches of the mineragenous analysis is limited or even impossible, as the objects of local forecasting (ore field, ore cluster, etc.) are located within the same tectonic area and a compositional rock complex building up a single geological and ore formation. In such areas, each element of the geological space can be treated as a potentially promising, while forecast zoning based on a comprehensive analysis of ore-bearing structural-material complexes and structures is possible when along with direct prospecting features consideration is given to the indirect factors that have no direct connection with the presence of minerals. In most cases, these indirect factors and signs have a qualitative characteristic, rarely quantitative or semi-quantitative one (they are described in the form of conditional points or ranks).

A qualitative prediction does not take into account the prospective degree of different areas and, most importantly, does not use all of the original information; therefore, the role of some factors is inevitably exaggerated, while others are left without the proper analysis. A more objective approach is possible on the basis of the quantitative assessment of the information provided by each geological feature with the application of a well-known in mathematical statistics “training” program involving the finding of numerical characteristics of reference objects

¹Кочнев Анатолий Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры прикладной геологии, тел.: (3952) 405114, e-mail: kochnev@istu.irk.ru

Kochnev Anatoly, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Applied Geology, tel.: (3952) 405114, e-mail: kochnev@istu.irk.ru

i.e. a priori known deposits or geological sites. Identified quantitative parameters of reference objects are compared with unknown objects. On this base, the degree of their exploitability is determined and mineragenetic zoning of the predicted area is held.

Various statistical indicators determination methods of which are known in geology (informativeness, coefficients of correlation and contingency, etc.) are referred to the objective indicators of spatial and genetic connection of various features with minerals.

The paper provides an example of the implementation of the quantitative local prediction methods based on the application of the informativeness indicator of mica-controlling signs when building up a detailed forecast map of a muscovite-bearing pegmatite field of the bald mountain of the Third mine Slyudyanka of Mama muscovite-bearing province.

Keywords: local quantitative forecasting; descriptiveness of geological features; mica-bearing pegmatites; Mama muscovite-bearing province.

Прогнозирование полезных ископаемых – важнейший элемент геологических исследований любой территории на разных стадиях геологоразведочного процесса.

Цель прогнозирования – выделение и обоснование потенциально перспективных (на конкретный вид полезного ископаемого) объектов на исследованной площади – остается актуальной для любой стадии разведки. Однако методики прогнозирования в каждом конкретном случае значительно отличаются в зависимости от:

- вида минерального сырья;
- генетического и промышленного типов месторождений;
- особенностей геологического строения территории;
- степени геологической изученности территории и масштаба исследования.

Вопросам прогнозирования посвящено множество публикаций, из которых следует, что прогнозирование – сложный, многофакторный процесс, базовые методологические принципы которого до сих пор сформулированы недостаточно четко.

Наиболее общим фактором является масштаб исследования, который определяет размер площади прогнозирования, объекты и методы прогнозирования, конечный результат исследования (прогнозные карты, модели, виды и категории оцениваемых ресурсов). В зависимости от масштаба исследования чаще всего различают глобальный (обзорный), региональный и локальный уровни прогнозирования.

На глобальном уровне прогнозирования дается обзорная оценка перспектив крупных частей земного шара (континентов, океанов, их крупных сегментов) при обобщении материалов металлогенических исследований. Объектами прогнозирования служат глобальные металлогенические пояса и провинции, выделение которых проводится на геотектонической и геодинамической основе. В результате составляются обзорные металлогенические карты масштаба мельче 1:1000000.

На региональном уровне прогнозирования проводится в процессе регионального геологического изучения недр. Области прогнозирования включают крупные геолого-структурные, административные, экономические, горнорудные и нефтегазоносные регионы, районы интенсивного промышленного и гражданского строительства, природоохранных и других работ. Объектами прогнозирования являются региональные и субрегиональные металлогенические провинции и области, рудные районы, узлы и зоны, выделение которых проводится на формационной, геотектонической и геодинамической основе. В результате составляются региональные и субрегиональные прогнозно-металлогенические и прогнозные карты масштаба от 1:1000000 до 1:50000, разрабатываются прогнозно-минерагенические модели, дается комплексная оценка перспектив изученных территорий с оценкой прогнозных ресурсов категорий P_3 и P_2 .

На локальном уровне прогнозирования проводится в процессе поисково-съемочных и специализированных

поисковых работ на перспективных площадях с оцененными прогнозными ресурсами. Области прогнозирования охватывают отдельные части металлогенических поясов, провинций и горнорудных областей, рудные районы, узлы и поля. Объектами прогнозирования служат рудные поля и узлы, отдельные рудные тела и месторождения, проявления полезных ископаемых, выделение которых проводится на основе комплексного анализа рудоносных структурно-вещественных комплексов и структур. В результате составляются локальные прогнозные карты масштаба от 1:50000 до 1:5000, прогнозно-поисковые, прогнозно-оценочные и прогнозно-разведочные модели [5]. Для перспективных участков дается оценка прогнозных ресурсов по категориям P_2 и P_1 , обоснование целесообразности и очередности дальнейших работ.

Прогнозирование как сложный, многофакторный процесс вне зависимости от масштабного уровня исследования включает три базовые части: научно-теоретическую, методическую и технологическую.

Научно-теоретической основой прогнозирования на всех уровнях исследования являются общепринятые положения учения о полезных ископаемых, охватывающего все известные виды процессов минералообразования и рудогенеза.

Общей методической основой на всех уровнях прогнозирования является минерагенический анализ, учитывающий общие закономерности формирования месторождений полезных ископаемых разных типов [3, 6] и геологические обстановки локализации объекта прогнозирования, включая геологические предпосылки, поисковые критерии и другие показатели, отражающие наличие и степень проявления рудообразующих процессов. На их основе выделяются свойственные данному геолого-промышленному типу месторождений элементы геологического пространства, которые и рассматриваются в соответствии с принципом прямых аналогий как

потенциально перспективные участки изученной территории.

Если методика глобального и регионального металлогенического (минерагенического) анализа разработана достаточно полно и изложена в многочисленных публикациях и методических пособиях, то методика локального прогнозирования находится еще на стадии разработки: известны лишь отдельные публикации. Это объясняется разнообразием видов полезных ископаемых, многообразием генетических и промышленных типов месторождений, многовариантностью и вероятностным характером связи процессов рудообразования (и минерагениза в широком понимании) с геологическими комплексами разного типа.

При локальном прогнозировании не применимы геотектонический, геодинамический и формационный подходы, так как небольшие минерагенические территории (рудное поле, узел, месторождение) чаще всего располагаются в пределах одной тектонической области, одного вещественного комплекса пород, слагающего ту или иную геологическую и рудную формацию. В рамках таких локальных территорий прогнозирования каждый элемент геологического пространства может рассматриваться как потенциально перспективный.

В этих условиях при выделении перспективных участков необходимо учитывать [3, 4, 6] как прямые признаки, указывающие на наличие данного вида полезного ископаемого, так и косвенные факторы, не имеющие непосредственной связи с наличием на исследуемой территории месторождений данного типа, а также оценивать степень их вероятной связи с полезными ископаемыми.

Геологическая позиция объектов прогнозирования чаще всего определяется совокупностью следующих косвенных факторов:

– характерными ассоциациями горных пород и отдельными элементами рудоносных формаций (фации, фазы и т.п.) в закономерных сочетаниях с типовыми месторождениями;

– благоприятными (рудоконтролирующими) структурами и тектоническими обстановками для формирования месторождений прогнозируемого типа;

– наличием и уровнем концентраций минеральных, химических и физических индикаторов данного типа оруденения, выделяемых на основе применения минералогических, геохимических и геофизических поисковых методов.

Общей технологической основой, то есть единым способом реализации выбранной методики прогнозирования можно считать составление прогнозной карты – геокартографической модели минерагенического районирования изучаемой территории по степени перспективности на прогнозируемый вид минерального сырья.

На начальном этапе на всех уровнях прогнозирования проводится анализ геологических особенностей области прогнозирования – выделяются основные минерагенические факторы первого и второго рода (литологический, тектонический, магматический, метаморфический и минерально-парагенетический), предопределившие условия образования и размещения прогнозируемых видов полезных ископаемых в соответствии с установленными ранее закономерностями формирования этих полезных ископаемых.

Каждый из этих факторов характеризуется группой рудоконтролирующих признаков, несущих информацию о наличии или отсутствии оруденения на данном участке района. Соответственно этому контролирующие признаки разделяются на положительные и отрицательные.

Чаще всего рудоконтролирующие признаки, отражающие пространственно-генетические связи процесса рудогенеза и факторов локализации, имеют качественную характеристику (описание литологического состава, магматических комплексов, складчатой и разрывной тектоники и т.д.). Реже они могут быть описаны количественно (геофизические и геохимические поля) или

полуколичественно – в виде условных баллов, рангов, когда имеем дело с относительной оценкой проявлений ценной минерализации (точки минерализации, рудопроявления, единичные пробы и т.д.).

Соответственно этому и прогнозирование можно разделить на три вида – качественное, количественное и полуколичественное.

При качественном прогнозировании методика составления прогнозных карт при общем сходстве несколько различается на разных уровнях прогнозирования.

На глобальном и региональном уровнях на основе анализа исходных геологических и тектонических карт выделяются благоприятные рудоносные формации, геотектонические структуры и геодинамические обстановки и составляются карты-схемы размещения известных месторождений и проявлений полезных ископаемых в контурах выделенных формаций и структурных обстановок, которые и являются, по сути, прогнозно-минерагеническими картами [7].

На локальном уровне на основе анализа исходных геологических и специализированных карт составляются карты-схемы с выходами на поверхность различных структурно-вещественных комплексов, выделенных как рудоконтролирующие признаки, и проводится районирование территории по степени перспективности путем совмещения этих карт-схем и выделения участков наложения благоприятных факторов разного вида – наиболее перспективными считаются участки сочетания наиболее благоприятных факторов каждого вида.

При традиционном качественном подходе к прогнозированию геолог не в состоянии в равной мере учесть всю исходную информацию [1]. В зависимости от опыта и интуиции он неизбежно преувеличивает роль тех или иных факторов, оставляя другие без необходимого анализа. Полученная качественная оценка рудоносности не отражает степени перспективности различных

участков. Более объективная оценка перспектив района может быть получена на основе количественной оценки значимости контролирующих признаков, то есть на основе учета абсолютного значения количества информации, которую несет каждый признак.

В связи с этим назрела проблема перехода к количественному и полуколичественному прогнозированию на основе разработки таких математических методов, которые с учетом особенностей задачи обеспечили бы оптимизацию процесса получения прогнозных выводов и возможность количественной оценки их достоверности.

В последние годы математические методы прогнозирования успешно применяются на многих месторождениях полезных ископаемых. В большинстве случаев используются программы «обучения» – нахождения числовых характеристик эталонных объектов, то есть заведомо известных месторождений или геологических объектов, не являющихся месторождениями. Выявленные при «обучении» количественные закономерности эталонов сравниваются с неизвестными объектами, на основании чего определяется степень их перспективности и проводится минерагеническое районирование территории прогнозирования.

При количественном прогнозировании объективными показателями пространственно-генетической связи различных контролирующих признаков и полезных ископаемых предлагается считать различные статистические показатели: информативность, коэффициенты корреляции, сопряженности и др.

Приемы определения этих коэффициентов рассматриваются в разных пособиях по применению математических методов в геологии [1, 2, 8]. Расчеты могут проводиться как вручную, так и путем создания специализированных компьютерных программ.

При полуколичественном прогнозировании учитывается абсолютное значение количества информации, которую

несет каждый качественный признак. Для этого необходимо предварительно провести ранжирование этих признаков с учетом их информационного веса в виде условных баллов, рангов, групп и т.д., а в дальнейшем определять корреляционные отношения полученных рангов [8] или рассчитывать статистические показатели.

Один из вариантов реализации методики локального количественного прогнозирования на основе применения показателя информативности рудоконтролирующих признаков можно показать на примере составления детальной прогнозной карты мусковитоносного пегматитового поля гольца Третьего рудника Слюдянка Мамской мусковитоносной провинции.

В процессе составления этой карты можно наметить три этапа:

- анализ применимости известных факторов локализации для конкретной площади, в результате чего выделяются слюдоконтролирующие признаки по каждой категории факторов локализации;

- количественная оценка степени информативности слюдоконтролирующих признаков с предварительным выделением необходимых для расчетов эталонных элементарных участков прогнозируемого геологического пространства;

- составление прогнозной карты и прогнозно-минерагеническое районирование территории прогнозирования.

Для слюдоносных пегматитов Мамской провинции известно четыре категории факторов локализации: литологические, тектонические, метаморфические и минерально-парагенетические [4, 7], которые охватывают практически все особенности геологического строения района и определяют условия образования и закономерности размещения мусковитоносных пегматитовых жил.

В каждой категории факторов локализации намечается несколько видов и разновидностей слюдоконтролирующих признаков, отражающих разные стороны

геологических процессов и несущих информацию о наличии или отсутствии мусковитоносных жил в данном участке района.

Мусковитоносное пегматитовое поле гольца Третьего (рис. 1) объединяет более 30 жил на площади около 4–5 км². Жилы залегают в основном в пределах площади выхода пород горизонта Sl_1b слюдянкинской свиты, представленного переслаиванием дистен-биотитовых и дистен-двуслюдяных сланцев с биотитовыми и биотит-кварцевыми гнейсами и

частично в ниже- и вышележащих горизонтах переслаивания кварцитов, узловато-пятнистых гранат-биотитовых и биотит-кварцевых гнейсов с прослоями скарноидов и известняков.

В структурном плане жилы сосредоточены в опрокинутом крыле и в замковой части линейной антиклинальной складки в месте ее осложнения синклинальным субширотным изгибом и синпегматитовыми межпластовыми срывами типа сдвига-взбросов и зон рассланцевания.

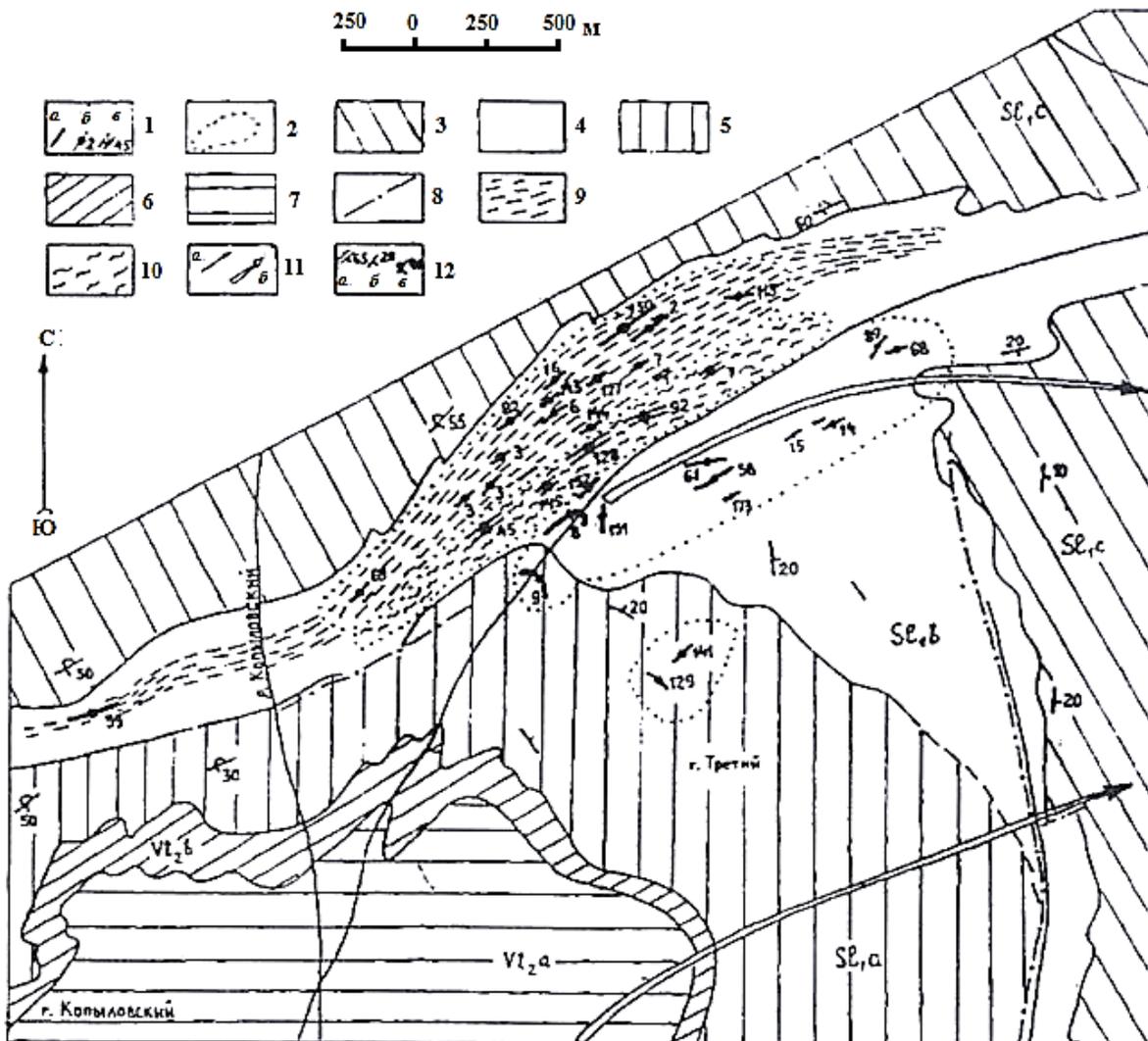


Рис. 1. Мусковитоносное пегматитовое поле гольца Третьего (рудник Слюдянка, Мамская мусковитоносная провинция):

1 – пегматитовые тела бесплодные (а) и с промышленным ослюдением (б, в): калишпатовые (б) и плагиоклазовые (в) и их номера; 2 – контуры слюдоносных кустов и жильных зон; 3 – узловато-пятнистые гранат-биотитовые гнейсы; 4 – дистен-биотитовые гнейсы; 5 – биотит-амфиболовые гнейсы; 6 – дистен-двуслюдяные сланцы; 7 – мраморы, известковисто-силикатные породы; 8 – постпегматитовые сбросы; 9–10 – зоны рассланцевания позднесинпегматитовые (9) и раннесинпегматитовые (10); 11 – оси складок линейных допегматитовых (а) и наложенных синпегматитовых (б); 12 – элементы залегания контактов пегматитовых тел (а) и слоистости: нормальное (б) и опрокинутое (в) залегание

В опрокинутом крыле антиклинали преобладают согласные пластообразные, линзовидные и лентообразные жилы плагиоклазового состава с трещинным (жилы 45, 92, 128) или с комплексным пегматоидным и кварц-мусковитовым (жилы 2, 2а, 127) ослюдением. Они контролируются синпегматитовыми зонами расщепления и межпластовыми срывами типа сдвига-взбросов, образуя две жильные зоны вдоль этих разрывных структур. Одна жильная зона (жилы 2, 2а, 16, 82, 127, 115 и др.) контролируется поздне-синпегматитовой зоной разрывных нарушений в пачке дистен-двуслюдяных сланцев и гнейсов, другая (жилы 45, 92, 128) – ранне-синпегматитовой зоной разрывов. Жилы выполняют соскладчатые и приразрывные субсогласные трещины скалывания, плоскости межпластовых срывов, трещины кливажа и полости отслоения, связанные с приразломными складками волочения.

В замковой части и в нормальном крыле антиклинали наряду с согласными (жила 68) отмечаются седловидные простые (жила 9) и сложные (жилы 8, 129, 196), реже дайкообразные диагонально-секущие (жила 89) и поперечносекущие (жила 141) пегматитовые тела. Они сложены калишпатовыми пегматитами с кварц-мусковитовым и реже пегматоидным ослюдением. Жилы концентрируются в виде двух кустов: один куст (жилы 9, 8, 58 и др.) располагается в месте сопряжения осевой зоны линейной антиклинальной складки и синклинального наложенного синпегматитового изгиба, второй (жилы 129, 141) – в пределах короткого сопрягающего крыла синпегматитовой наложенной складки.

В соответствии с геологией пегматитового поля в его пределах определяются основные слюдоконтролирующие признаки и факторы локализации слюдоносных жил (табл. 1), что является наиболее ответственным этапом прогнозирования, от которого зависит эффективность окончательной прогнозной оценки площади исследования.

Исходными материалами при этом служат первичные геологические, геохимические и геофизические карты. На их основе составляется комплект специализированных карт-схем слюдоконтролирующих признаков, на которых выносятся все известные слюдоносные жилы и оконтуриваются участки и зоны, характеризующиеся или сходным составом горных пород, или тождественным положением в складчатых и разрывных структурах, или одинаковыми параметрами геофизических и геохимических полей и т.д. Так, например, по литолого-петрографическим условиям все площади распространения дистен-содержащих гнейсов и сланцев объединяются в одну группу геологических признаков, а площади развития узловатых гранат-биотитовых гнейсов – в другую, кварцито-сланцев и кварцитов – в третью, и т.д. Аналогичным образом по структурно-тектоническим условиям участки толщи, расположенные в ядрах линейных антиклинальных складок, относятся к одному геологическому признаку, а ядерные части наложенных поперечных складок – к другому, и т.д.

Таким же образом оконтуриваются площади выхода или влияния всех остальных слюдоконтролирующих признаков, включая данные геофизических, геоморфологических и других специальных исследований.

Каждая из этих карт либо готовится как отдельный слой в одной из графических компьютерных программ (Corel DRAW, Photoshop и др.), либо вычерчивается на кальке, все признаки пронумеровываются. Одновременно определяется масштабность ослюдения по числу жил или сумме удельных запасов. Все эти данные заносятся в специальный журнал.

На следующем этапе проводится разграфка площади исследования на элементарные участки (ЭУ) – ячейки площадью равного размера и одинаковой формы, представляющие собой части прогнозируемого геологического пространства, соизмеримые с объектами

Таблица 1

**Факторы локализации и слюдоконтролирующие признаки
в пределах пегматитового поля г. Третьего**

I. Литологический фактор локализации слюдоносных жил (<i>Фл</i>)
1. Пачки дистен-биотитовых и дистен-двуслюдяных сланцев
2. Пачки переслаивания биотит-кварцевых, биотитовых, гранат-биотитовых гнейсов
3. Пачки переслаивания кварцитов, биотит-кварцевых и биотитовых гнейсов с известняками и скарноидами
4. Пачки узловато-пятнистых гранат-биотитовых гнейсов с прослоями скарноидов и известняков
5. Пачки с преобладанием кристаллических известняков и скарноидами с прослоями амфиболовых гнейсов
II. Стратиграфический фактор локализации слюдоносных жил (<i>Фст</i>)
1. Горизонт Sl_{1a}
2. Горизонт Sl_{1b}
3. Горизонт Sl_{1c}
III. Фактор складчатой тектоники первой генерации (<i>Фск₁</i> – северо-восточные, линейные, сжатые складки)
1. Замковые части антиклиналей
2. Замковые части синклиналей
3. Нормальные крылья
4. Опрокинутые крылья
IV. Фактор складчатой тектоники второй генерации (<i>Фск₂</i> – наложенные субширотные и поперечные флексурные складки)
1. Сопрягающие субмеридиональные крылья
2. Призамковые части синклинальных изгибов
3. Северо-восточные (несопряженные, длинные) крылья
V. Фактор разломной тектоники (<i>Фрт</i> – синпегматитовые взбросо-сдвиги и зоны рассланцевания)
1. Зоны рассланцевания, субсогласные взбросо-сдвигового типа
2. Аллохтонный (поднятый, надвинутый) блок
3. Автохтонный (опущенный) блок

прогнозирования и шириной выхода или влияния слюдоконтролирующих признаков, с учетом масштаба прогнозной карты и степени сложности геологического строения территории. Их совокупность должна охватывать всю площадь исследования (рис. 2).

При четко выраженном преобладающем простираии изучаемых геологических объектов приемлемы ячейки прямоугольной формы, вытянутые в этом направлении. Для изометричных в плане объектов и при разной ориентировке слюдоконтролирующих элементов оптимальными являются ячейки квадратной формы.

Размер элементарного участка зависит от масштаба исследований, типа объекта, сложности геологического строения территории, конкретной задачи. При региональном и крупномасштабном прогнозировании удобно принимать за ЭУ номенклатурный лист топографической основы международной разграфки более крупного масштаба (например, масштаба 1:5000 или 1:2000). При локальном и детальном прогнозировании размер ЭУ принимается равным около 1% площади исследования в масштабе карты и чаще всего кратным 1–4 см² с учетом размеров объектов прогнозирования.

Но- мер	Индексы ЭУ по оси абсцисс																													
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	э	ю			
1																		б												
2																	б	б	б	б										
3																б	б													
4																														
5										б	б	б	б			р	р	р		р	р	р								
6			б	б	б	б	б	б	б	б	б	б				р									р					
7			б	б	б	б	б	б	б	б															р	р	р			
8			б	б	б	б	б	б	б				р	р																
9			б	б	б	б	б	б				р	р	р	р	р									р	р	р			
10			б	б	б	б	б					р	р	р	р	р	р													
11			б	б	б	б	б					р	р		р	р	р	р							б	б	б	б	б	
12	б	б	б	б	б							р	р		р	р	р	р							б	б	б	б	б	
13	б	б	б	б								р	р	р	р	р	р								б	б	б	б	б	
14	б												р												б	б	б	б	б	
15		р	р																						б	б	б	б	б	
16		р																							б	б	б	б	б	
17																									б	б	б	б	б	
18																р	р								б	б	б	б	б	
19																р										б	б	б	б	
20																										б	б	б	б	
21																										б	б	б	б	
22																										б	б	б	б	
23																											б	б	б	б

Рис. 2. Схема разграфки площади прогнозирования на рудные (р), безрудные (б) и потенциально перспективные (без индекса) элементарные участки

Площадь пегматитового поля гольца Третьего – 4,8 км², следовательно размер ЭУ составит 0,048 км², а сторона квадратного ЭУ соответственно – $\sqrt{0,048} = 0,22 \text{ км} = 220 \text{ м}$. Масштаб прогнозирования – 1:5000, то есть размер ЭУ составит 4,4×4,4 см, округляем до 4×4 см. Объектами прогнозирования являются слюдоносные пегматитовые жилы, средняя протяженность которых составляет 80 м, следовательно ЭУ размером 4×4 см для гольца Третьего излишне крупные – ширина выхода некоторых слюдоконтролирующих признаков значительно меньше. С учетом этих обстоятельств и средних параметров жил принимаем для удобства ЭУ = 100×100 м = 2×2 см.

ЭУ присваивается двухзначный индекс (см. рис. 2) по принципу перекрестной нумерации, как при записи шахматной партии: по оси ординат ЭУ обозначаются арабскими цифрами (сверху вниз по порядку), а по оси абсцисс – прописными буквами русского алфавита (слева направо).

Таким образом, на площади прогнозирования выделяется 480 ЭУ, из них достоверную информацию несут 453 ЭУ. При этом среди ЭУ, расположенных

в пределах детально опоискованной площади, выделяются «рудные» (р), в которых расположены промышленные жилы, и «безрудные» (б), в которых жилы отсутствуют. Из 453 выделенных на площади ЭУ 59 относятся к категории рудных, 170 – к категории безрудных, а остальные 224 – к категории потенциально перспективных.

Для каждого ЭУ в специальный журнал записываются номера слюдоконтролирующих признаков, в контуры которых попадают центральные точки ЭУ (табл. 2).

По исходным данным, приведенным в табл. 2, определяем информативность каждого слюдоконтролирующего признака и суммарную информативность каждого ЭУ.

Информативность признаков может быть оценена по формуле, предложенной Е.Б. Высокоостровской и Д.С. Зеленецким [2]:

$$J_{Ai/Bi} = \lg[P(Ai/Bi)/P(Ai)], \quad (1)$$

где $P(Ai/Bi)$ – вероятность появления признака Ai в пределах рудоносной площади; $P(Aj)$ – вероятность появления признака Ai на всей площади исследования.

Таблица 2

**Форма журнала исходных данных для определения информативности
слюдоконтролирующих признаков в пределах гольца Третьего**

Номер ЭУ	Фл					Фст			Фск1				Фск2			Фрт		Σ J ЭУ	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18
1т				б				б		б			б					б	
13ж																			
13з			р				р							р			р	р	
23ф		б						б		б				б				б	
Σmi																			
Σni																			

Если заменить вероятностные значения частотами встречаемости:

$$P(A_i/B_i) = ni/N \quad (2)$$

$$\text{и } P(A_i) = mi/M, \quad (3)$$

то эта формула приобретает следующий вид:

$$J_i = \lg(M \cdot ni / N \cdot mi), \quad (4)$$

где J_i – информативность i -го слюдоконтролирующего признака; ni – масштабность (интенсивность) ослюденения, то есть число слюдоносных (рудных) ЭУ на площади влияния i -го слюдоконтролирующего признака; mi – площадь влияния i -го слюдоконтролирующего признака, то есть число ЭУ в пределах площади выхода этого признака; N – масштабность (интенсивность) ослюденения на всей площади прогнозирования, то есть общее число слюдоносных (рудных) ЭУ на всей площади; M – общая площадь прогнозирования, то есть общее число ЭУ на всей площади исследований.

Учитывая, что для конкретной площади прогнозирования показатели N и M являются величинами постоянными, формула (4) может быть упрощена введением постоянного коэффициента, отражающего соотношение этих величин $K = M/N$:

$$J_i = \lg(K \cdot ni / mi). \quad (5)$$

Для нашего примера $K = M/N = 453/59 = 7,68$. Таким образом, надежность расчета информативности признаков зависит от того, насколько полно площади их влияния (ni и mi) изучены детальными поисково-разведочными работами.

После расчета информативности всех геологических признаков (с точно-

стью до сотых долей) подсчитывается суммарная информативность ЭУ (с точностью до десятых долей) как алгебраическая сумма информативностей всех геологических признаков, в контуры которых попадает данный ЭУ:

$$J_j = \sum J_i, \quad (6)$$

где j – номер ЭУ; i – индекс признака, в площадь влияния которого попадает этот ЭУ.

Полученные значения суммарных информативностей вписываются в центре соответствующих ЭУ.

Затем составляются графики распределения слюдоносных и бесслудных ЭУ по значениям их суммарной информативности (рис. 3).

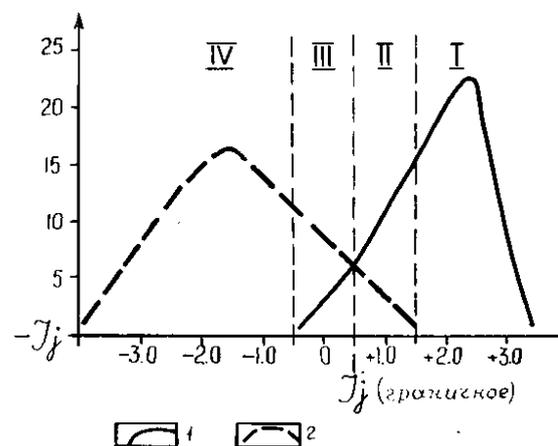


Рис. 3. Кривые распределения элементарных участков (1 – слюдоносных, 2 – бесслудных) по частотам (P) в зависимости от их суммарной информативности (Jj).

Римские цифры – степень перспективности ЭУ: I – высокая (перспективные ЭУ), II – средняя (перспективные ЭУ), III – низкая (слабоперспективные ЭУ), IV – весьма низкая (неперспективные ЭУ)

С помощью этих графиков определяется граничное значение суммарной информативности, с одной стороны от которой располагаются преимущественно слюдоносные, а с другой – бесплодные ЭУ. Граничное значение соответствует абсциссе точки пересечения

найденным значениям этих интервалов на карте, где в центрах ЭУ обозначена их суммарная информативность, проводятся линии равных перспектив.

Составленная таким образом карта может быть отнесена к категории прогнозных (рис. 4).

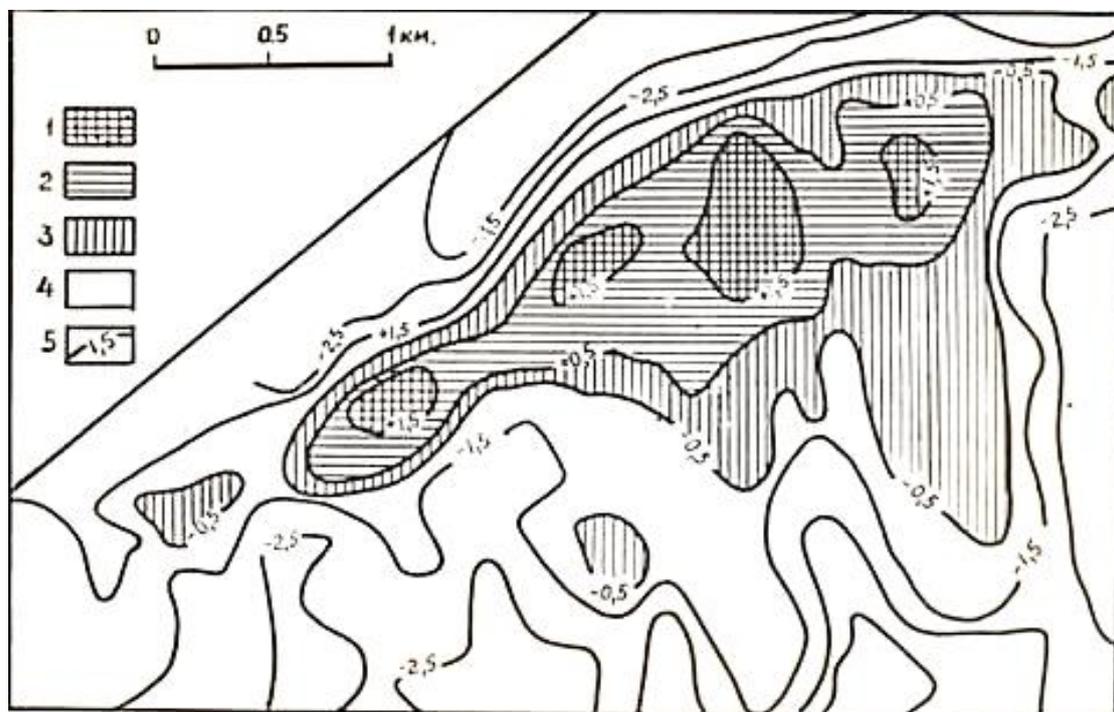


Рис. 4. Прогнозная карта на мусковит гольца Третьего (рудник Слюдянка).

Участки, перспективные на поиски слюдоносных пегматитовых жил: 1 – первой очереди, 2 – второй очереди, 3 – третьей очереди, 4 – участки неперспективные на поиски жил, 5 – линии изоперспектив и их суммарная информативность

кривых распределения слюдоносных и бесплодных ЭУ и разделяет кривые и прогнозируемую площадь на относительно перспективные и бесперспективные на мусковит части. В перспективной части кривых распределения могут быть выделены интервалы информативностей, соответствующие перспективности I, II и т.д. очереди. Соответственно

Она может служить основой для подсчета прогнозных ресурсов и выделения участков для постановки поисково-разведочных работ с поверхности и на глубине. Очередность постановки поисковых работ определяется степенью перспективности и изученности выделенных участков.

Библиографический список

1. Бугаец А.Н., Дуденко Л.Н. Математические методы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1976. 270 с.

2. Высокоостровская Е.Б., Зеленецкий Д.С. О количественной оценке перспектив территории при поисках месторождений рудных полезных ископаемых // Советская геология. 1968. № 8.

3. Коробейников А.Ф. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых. Томск: Изд-во ТПУ, 2009. 253 с.

4. Кочнев А.П. Структурные типы мусковитоносных пегматитовых полей и месторождений. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. 168 с.

5. Кочнев А.П., Юренков Е.Г. Основы типизации прогнозно-поисковых моделей // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2014. № 1 (44). С. 74–80.

6. Месторождения металлических полезных ископаемых / В.В. Авдонин, В.Е. Бойцов, Ж.В. Семинский [и др.]. М.: Академический проект, 2005. 720 с.

7. Принципы геологоструктурного районирования Мамского пегматитового поля для установления перспектив промышленной слюдоносности / В.Н. Чесноков, Г.М. Другов, М.А. Завалишин, И.К. Карпов, Г.И. Леонтьев // Советская геология. 1966. № 7.

8. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии. Красноярск: Изд-во КГУ, 1988. 208 с.

References

1. Bugaets A.N., Dudenko L.N. *Matematicheskie metody pri prognozirovanii mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* [Mathematical methods in mineral deposit prediction]. Leningrad, Nedra Publ., 1976, 270 p.

2. Vysokoostrovskaia E.B., Zelenetskii D.S. O kolichestvennoi otsenke perspektiv territorii pri poiskakh mestorozhdenii rudnykh poleznykh iskopaemykh [On quantitative assessment of area prospects in mineral exploration]. *Sovetskaia geologiya – Soviet Geology*, 1968, no. 8.

3. Korobeinikov A.F. *Prognozirovanie i poiski mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* [Mineral deposit prediction and prospecting]. Tomsk, TPU Publ., 2009, 253 p.

4. Kochnev A.P. *Strukturnye tipy muskovitovosnykh pegmatitovykh polei i mestorozhdenii* [Structural types of muscovite pegmatite fields and deposits]. Irkutsk, IrGTU Publ., 2002, 168 p.

5. Kochnev A.P., Iurenkov E.G. *Osnovy tipizatsii prognozno-poiskovykh modelei* [Fundamentals of forecasting and prospecting models typification]. *Izvestiia*

Sibirskogo otdeleniia Sektzii nauk o Zemle Rossiiskoi akademii este-stvennykh nauk. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii – Proceedings of Siberian Department of the Section of Earth Sciences Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits, 2014, vol. 44, no. 1, pp. 74–80.

6. Avdonin V.V., Boitsov V.E., Seminskii Zh.V. *Mestorozhdeniia metallicheskikh poleznykh iskopaemykh* [Deposits of metallic minerals]. Moscow, Akademicheskii proekt Publ., 2005, 720 p.

7. Chesnokov V.N., Drugov G.M., Zavalishin M.A., Karpov I.K., Leont'ev G.I. Printsipy geologostruktornogo raionirovaniia Mamskogo pegmatitovogo polia dlia ustanovleniia perspektiv promyshlennoi sliudonosnosti [Principles of Mama pegmatite field geological and structural zoning for industrial mica-bearing prospect determination]. *Sovetskaia geologiya – Soviet Geology*, 1966, no. 7.

8. Shestakov Iu.G. *Matematicheskie metody v geologii* [Mathematical methods in Geology]. Krasnoiarsk, KGU Publ., 1988, 208 p.

Статья поступила 28.02.2016 г.