

Гипотезы, идеи, дискуссия

УДК 553.3

ОСНОВЫ ТИПИЗАЦИИ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

А.П. Кочнев¹, Е.Г. Юренков²

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведен анализ современных представлений о прогнозно-поисковом моделировании, выделены дискуссионные аспекты этой проблемы. Разработана принципиальная схема типизации прогнозно-поисковых моделей. В соответствии со стадийностью геологоразведочного процесса предложено выделять пять типовых моделей: прогнозно-минерогенетические, прогнозно-поисковые, прогнозно-оценочные, прогнозно-разведочные и прогнозно-эксплуатационные.

Библиогр. 15 назв. Табл. 2.

Ключевые слова: моделирование; прогнозно-поисковые модели.

FUNDAMENTALS OF FORECASTING AND PROSPECTING MODELS TYPIFICATION

A.P. Kochnev, E.G. Yurenkov

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Having analyzed contemporary concepts on forecasting and prospecting modelling the article identifies the debating aspects of the issue. A principle diagram of forecasting and prospecting models typification has been developed. In accordance with exploration stages it is proposed to distinguish five standard models: forecasting and mineragenic, forecasting and prospecting, forecasting and evaluating, forecasting and exploration, and forecasting and mining ones.

15 sources. 2 tables.

Key words: modelling, forecasting and prospecting models.

Понятие и термин «*прогнозно-поисковые модели*» впервые появились в конце XX столетия, хотя приемы моделирования месторождений полезных ископаемых и комплексирования работ по прогнозированию, поискам и разведке широко применялись значительно раньше. Попытки выявления закономерностей размещения различных полезных ископаемых предпринимались еще в XVI – XVIII вв.

В России еще в 1584 г. был учрежден «Государев приказ каменных дел», в который входили специальные «дозорные», «рудознатцы» и «мерщики», осуществлявшие поиски и разведку месторождений строительного камня. Письменные инструкции этого времени («*наказы*») уже содержали сведения о методике поисков, о прослеживании найденных рудных жил по простиранию и по падению. На их основе сос-

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 (office), e-mail: kochnev@istu.irk.ru

²Юренков Евгений Георгиевич, аспирант кафедры прикладной геологии, тел.: (3952) 405114, e-mail: yurenkov90@mail.ru

Yurenkov Evgeniy, Postgraduate Student of the Department of Applied Geology, tel.: (3952) 405114, e-mail: yurenkov90@mail.ru

тавлялись старинные чертежи и планы заводов и рудников, а также карты месторождений рудных полезных ископаемых, которые по сути можно рассматривать как прообразы прогнозно-поисковых моделей.

Опыт рудознатцев по поискам и добыче полезных ископаемых пытался обобщить еще М.В. Ломоносов (1741, 1742, 1763) в трактатах «Первые основания металлургии или рудных дел», «О рудных местах и жилах и прииске их», в которых он приводит сводку правил по поискам месторождений полезных ископаемых и по сопровождающим эти поиски наблюдениям: *«Ныне уже, любители рудных дел, одарены вы отменным зрением, коим не токмо по земной поверхности, но и в недра ее глубоко проникнуть можете, то есть, по наружности и о внутренностях дознаться или, как просто говорят, по нитке знаете и клубка добратся. Пойдем ныне по своему Отечеству; станем осматривать положение мест и разделим к произведению руд способные от неспособных. Потом на способных местах поглядим примет надежных, показывающих самые места рудные. Станем искать металлов, золота, серебра и прочих; станем добираться отменных камней, мраморов, аспидов и даже до изумрудов, яхонтов и алмазов. Дорога будет не скучна, в кото-*

рой хотя и не везде сокровища нас встречать станут, однако везде увидим минералы, в обществе потребные, которых промыслы могут принести не последнюю прибыль».

Широкое развитие работ по поискам, разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых разных типов в XIX и особенно в XX столетиях позволило получить огромный объем геологической информации о закономерностях их формирования и размещения. Многими исследователями были предприняты попытки систематизировать эту информацию, в результате чего сформировались новые разделы прикладной геологии – учение о полезных ископаемых [10–12], металлогения [3, 7, 8, 13–15], учение о теоретических основах прогнозирования и поисково-разведочных работ [1, 2, 4, 10].

В конце XX века появились разработки о комплексировании методов и приемов прогнозирования, поисков и разведки МПИ [6], о геологических и прогнозно-поисковых моделях разных типов месторождений [5, 9].

Наиболее полная система типовых моделей месторождений полезных ископаемых для прогноза, поисков и разведки представлена А.Ф. Коробейниковым [5]. В основе этой систематики лежит стадийность геологоразведочных работ (табл. 1).

Таблица 1
Система типовых моделей месторождений полезных ископаемых по [5]

Этап I. Работы общегеологического назначения Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр	Этап II. Поиски и оценка месторождений Стадия 2. Поисковые работы Стадия 3. Оценка месторождений	Этап III. Разведка и освоение месторождений Стадия 4. Разведка месторождений Стадия 5. Эксплуатационная разведка
1. Геолого-генетические модели 2. Рудно-формационные модели 3. Регионально геофизические модели 4. Геохимические модели 5. Модели геологических факторов размещения оруденения 6. Модели мантийно-коровых рудообразующих систем	1. Прогнозно-поисковые модели 2. Геологоструктурные модели 3. Геолого-промышленные качественные модели 4. Геофизические модели 5. Геохимические модели 6. Изотопно-геохимические модели 7. Комплексные модели 8. Петрофизические модели 9. Термобарометрические модели 10. Статистические модели 11. Физико-химические модели	1. Геолого-промышленные количественные модели 2. Параметрические модели 3. Морфометрические модели 4. Концентрационные модели 5. Градиентно-векторные модели 6. Многофакторные модели 7. Модели рудно-метасоматической зональности 8. Геолого-математические модели 9. Мультиструктурные геохимические модели

По схеме А.Ф. Коробейникова [5] прогнозно-поисковые модели рассматриваются как один из множества известных видов моделей месторождений полезных ископаемых, реализуемый на стадиях поисковых и поисково-оценочных работ.

В то же время создание подобных моделей целесообразно (и фактически уже проводится на практике) для всех этапов и стадий геологоразведочного процесса, поскольку оценка перспектив изучаемой площади на полезные ископаемые является одной из основных задач исследований на каждой стадии.

Таким образом, принципиальная схема типизации прогнозно-поисковых моделей, по нашему мнению, должна включать пять основных типов моделей в соответствии с принятой стадийностью геологоразведочного процесса. Разные стадии отличаются целью и задачами исследования, объектами прогнозирования, видами работ и др. характеристиками, что должно найти отражение в содержании и наименовании моделей каждой стадии:

- на стадии регионального геологического изучения недр – **прогнозно-минерагенические модели (ПММ)**,
- на стадии поисковых работ – **прогнозно-поисковые модели (ППМ)**,
- на стадии оценки месторождений – **прогнозно-оценочные модели (ПОМ)**,
- на стадии разведки месторождений – **прогнозно-разведочные модели (ПРМ)**,
- на стадии эксплуатационной разведки – **прогнозно-эксплуатационные модели (ПЭМ)**.

Научно-методической основой разработки типовых *прогнозно-поисковых моделей* является *принцип аналогии*, учитывающий общие закономерности формирования месторождений полезных ископаемых разных типов. По современным представлениям [1, 4] прогнозно-поисковые модели формируются из сопряженных и соподчиненных элементов рудоносного пространства, которые определяют геоло-

гические обстановки локализации объекта поисков, включают геологические предпосылки, поисковые критерии и другие показатели, отражающие наличие и степень проявления рудообразующих процессов. На основе их выделяются свойственные данному геолого-промышленному типу характеристики месторождений, которые помогают определить систему поисковых методов. Иными, словами прогнозно-поисковые модели дают ответ на вопрос: как выглядит скопление рудного вещества, в какой геологической обстановке и по каким признакам оно может быть оценено.

По мнению В.В. Авдониной и др. [2, с. 107] основными элементами прогнозно-поисковых моделей являются:

- ассоциации горных пород, рудоносные формации, их части (фации, фазы и т.п.) в закономерных сочетаниях, определяемых структурой и палеотектонической обстановкой месторождения; совокупность перечисленных факторов определяет условия нахождения объекта;
- наличие и уровни концентраций косвенных (минеральных, химических, физических) индикаторов данного типа оруденения, выделяемых на основе применения минералогических, геохимических и геофизических поисковых методов;
- совокупность прямых признаков, указывающих на наличие данного вида полезного ископаемого;
- изменение характеристик элементов модели в зависимости от геологической обстановки (признаки скрытого оруденения, влияние перекрывающих толщ, уровень эрозионного среза, пострудные дислокации и т.д.).

В соответствии со спецификой разных стадий геологических работ при формировании прогнозно-поисковых моделей каждого типа необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- масштабность и детальность исследования (мелко-, средне- и крупномасштабные модели, модели для поисков и

разведки с поверхности и на глубоких горизонтах, эксплуатация открытым и подземным способом);

– категории и виды поисковых критериев (стратиграфические, литологические и т.д.);

– исходные и результирующие объекты моделирования (минерагенические пояса и провинции, рудные районы, узлы и поля, минерагенические и рудные зоны);

– виды работ (маршруты, траншеи,

шурфы, скважины, подземные горные выработки);

– формы графического представления моделей (карты, схемы, погоризонтные планы, разрезы, проекции, блок-диаграммы, объемные модели, компьютерные модели).

Учитывая изложенное, можно предложить принципиальную рабочую схему характеристики выделяемых типовых прогнозно-поисковых моделей каждого типа (табл. 2).

Таблица 2

Принципиальная схема типизации прогнозных моделей

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр

<p>Объекты изучения. Крупные геолого-структурные, административные, экономические, горнорудные и нефтегазоносные регионы, шельф, глубинные части земной коры, районы с напряженной экологической обстановкой, районы интенсивного промышленного и гражданского строительства, мелиоративных, природоохранных и др. работ.</p>
<p>Цель работ. Создание фундаментальной многоцелевой геологической основы прогнозирования полезных ископаемых, обеспечение различных отраслей промышленности и сельского хозяйства систематизированной геологической информацией для геологоразведочных работ, горного дела, мелиорации, строительства, обороны, экологии и т.п.</p>
<p>Виды работ. Геологическая съемка (съемочные и поисковые маршруты).</p>
<p>Основной конечный результат. Комплекты геологических карт масштабов 1 : 1 000 000, 1 : 200 000 и 1 : 50 000; сводные и обзорные геологические карты масштабов 1 : 500 000 и мельче, комплект карт, схем и разрезов глубинного строения недр отдельных регионов; комплексная оценка перспектив изученных территорий с <i>выделением рудных районов и узлов, зон, угленосных бассейнов</i>; определение прогнозных ресурсов категорий P_3 и P_2; оценка состояния геологической среды и прогноз ее изменения.</p>
<p>Прогнозно-минерагенические модели (ПММ):</p> <ul style="list-style-type: none"> – обзорные (м-ба 1:1000000 и мельче) минерагенические карты страны и ее крупных регионов, – карта интерпретации космических и высотных съемок, – региональные (м-ба 1:200000, 1:100000) прогнозно-минерагенические карты, – региональные карты закономерностей размещения полезных ископаемых, – региональные карты полезных ископаемых, – региональные геолого-формационные карты, – региональные прогнозные карты, – субрегиональные (м-ба 1:50000, 1:25000) карты полезных ископаемых, – субрегиональные карты закономерностей размещения полезных ископаемых, – субрегиональные прогнозные карты, – геолого-генетические и рудно-формационные модели разных видов полезных ископаемых, – региональные геофизические и геохимические модели перспективных полей, – модели мантийно-коровых рудообразующих систем.



Стадия 2. Поисковые работы

Объекты изучения. Перспективные площади, рудные узлы и поля с оцененными прогнозными ресурсами категорий P_3 и P_2 .
Цель работ. Геологическое изучение территории поисков; комплексная оценка перспектив исследованных площадей, выявление проявлений полезных ископаемых.
Виды работ. Поисково-съёмочные, горные и буровые работы (поисковые маршруты, наземные и буровые поиски).
Основной конечный результат. Выявление проявлений полезных ископаемых с оценкой их прогнозных ресурсов по категориям P_2 и P_1 , оценка возможности их освоения на основе укрупненных показателей; обоснование целесообразности и очередности дальнейших работ.
Прогнозно-поисковые модели (ППМ): – локальные (детальные) прогнозные карты-схемы (м-ба 1:10000, 1:5000), – локальные (детальные) карты-схемы рудоносности (золотоносности, нефтеносности и т.д.), – локальные (детальные) карты-схемы структур рудных полей и месторождений (геолого-структурные модели), – геохимическая карта (вторичных литохимических аномалий), – геофизические карты (грави- и магнитометрическая, электроразведочных работ), – схематические геологические разрезы (для проектирования глубинных поисков), – погоризонтные геологические карты с элементами прогноза, – структурные карты продуктивных комплексов и контролирующих структур (с использованием метода изогипс), – карта условий ведения поисковых работ.



Стадия 3. Оценочные работы

Объекты изучения. Рудопроявления и месторождения полезных ископаемых с оцененными прогнозными ресурсами категорий P_2 и P_1 .
Цель работ. Геологическое изучение и геолого-экономическая оценка проявлений и месторождений полезных ископаемых; отбраковка проявлений, не представляющих промышленной ценности.
Виды работ. Горные и буровые работы на рудопроявлениях, опробование, детальные поисковые маршруты.
Основной конечный результат. Оценка запасов по категориям C_2 и C_1 и прогнозных ресурсов P_1 ; составление ТЭО временных кондиций; обоснование промышленной ценности МПИ с последующим переходом к разведке месторождения.
Прогнозно-оценочные модели (ПОМ): – геологическая карта и разрезы месторождения (м-ба 1:2000, 1:1000), – структурно-формационные карты и разрезы – планы поверхности, горизонтов, характеризующие морфологию и размеры рудных тел, метасоматическую, рудно-метасоматическую и геохимическую зональность, – планы и разрезы и (или) проекции рудных тел с отражением распределения природных типов и сортов руд, – карты и разрезы интерпретации геофизических и геохимических материалов, – карта поисковых критериев и признаков, – геолого-промышленные качественные, изотопно-геохимические, петрофизические, термобарометрические, статистические, физико-химические и комплексные модели, – экспериментальные работы по разведке и опробованию – вещественные или графические модели месторождений и рудных тел.



Стадия 4. Разведка месторождений

Объекты изучения. Месторождения полезных ископаемых с оцененными запасами по категориям C_2 и C_1 и прогнозными ресурсами категории P_1 .
Цель работ. Изучение геологического строения, качества и технологических свойств полезного ископаемого, гидро- и горно-геологических условий добычи; перевод запасов в более высокие категории.
Виды работ. Горные и буровые геолого-разведочные работы на перспективных рудопроявлениях, опробование, детальные поисковые маршруты.
Основной конечный результат. Разработка ТЭО разведочных кондиций; подсчет запасов основных и попутных полезных ископаемых и компонентов по категориям А, В, C_1 и C_2 ; дается детальная экономическая оценка промышленной ценности и освоения МПИ. Проектирования разведки и руководства разведочными работами.
Прогнозно-разведочные модели (ПРМ): – сводные погоризонтные планы и разрезы (м-ба до 1:500), – детальные геолого-структурные карты для анализа структур и оценки перспектив фланговых частей рудных полей и месторождений, – прогнозные карты, – геолого-промышленные количественные, геолого-математические, мультиструктурные геохимические модели, – модели руднометасоматической зональности, – блок-диаграммы (геометрические модели морфологии, условий залегания и соотношения рудных тел) и т.п., – экспериментальные работы по разведке и опробованию – вещественные и графические модели месторождений и рудных тел.



Стадия 5. Эксплуатационная разведка

Объекты изучения. Эксплуатационные этажи, горизонты, блоки и уступы, подготовленные для очистных работ.
Цель работ. Уточнение полученных при разведке данных для оперативного планирования добычи, контроль за полнотой и качеством отработки запасов, создание ТЭО эксплуатационных кондиций. Проектирования разведки и руководства добычными работами.
Виды работ. Горно-подготовительные, нарезные и очистные работы, бурение скважин, опробование различными методами.
Основной конечный результат. Запасы подготовленных и готовых к выемке блоков; исходные материалы для оценки полноты отработки месторождения, уточнение потерь и разубоживание полезного ископаемого.
Прогнозно-эксплуатационные модели (ПЭМ): – погоризонтные планы и разрезы (м-ба до 1:500), – детальные геолого-структурные карты для анализа структур и оценки перспектив фланговых частей рудных полей и месторождений – структурно-морфологические, параметрические, морфометрические, концентрационные, градиентно-векторные и многофакторные модели, – экспериментальные работы по разведке и опробованию – вещественные или графические модели месторождений и рудных тел.

Предлагаемая схема должна быть уточнена, дополнена и конкретизирована в зависимости от вида минерального сырья, генетического и геолого-промышленного типа прогнозируемых месторождений полезных ископаемых.

Библиографический список

1. Авдонин В.В., Бойцов В.Е., Семинский Ж.В. и др. Месторождения металлических полезных ископаемых. М.: Академический проект, 2005. 720 с.
2. Авдонин В.В., Ручкин Г.В., Шагагин Н.Н. и др. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Академический проект, 2007. 540 с.
3. Билибин Ю.А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи // Изв. АН СССР, сер. геол. 1955. №5. С. 95–112.
4. Коробейников А.Ф. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых. 2-е изд., исправленное и дополненное. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2009. 253 с.
5. Коробейников А.Ф. Теоретические основы моделирования месторождений полезных ископаемых. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2009. 2-е изд., исправленное и дополненное 182 с.
6. Кривцов А.И., Нарсеев В.А. Геологоразведочный процесс и прогнозно-поисковые комплексы // Сов. геол. 1983. №1. С. 17–27.
7. Кривцов А.И. Прикладная металлогения. М.: Недра, 1989. 288 с.
8. Кривцов А.И., Яковлев П.Д. Структуры рудных полей и месторождений, металлогения и прогноз рудности. М.: Недра, 1991. 383 с.
9. Семинский Ж.В., Филонюк В.А., Корж В.В. и др. Модели рудных районов и месторождений Сибири. М.: Недра, 1994. 252 с.
10. Смирнов В.И. Геологические основы поисков и разведок месторождений. М.: МГУ, 1954. 546 с.
11. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982. 669 с.
12. Смирнов С.С. О Тихоокеанском рудном поясе // Изв. АН СССР, сер. геол. 1946. №2.
13. Смирнов С.С. Рудные пояса. // Вопр. теоретич. и прикладн. геол. М.: МГРИ. 1947. Вып.1.
14. Щербаков Д.И. Принципы и методика составления металлогенической карты // Сов. геол. 1955. №5. С. 53–64.
15. Щербаков Д.И. О картах прогноза для магматогенных рудных месторождений // Изв. АН СССР, сер. геол. 1952. №4. С.9–14.

Рецензент доктор геолого-минералогических наук, профессор Иркутского государственного технического университета В.А. Филонюк