

Цыганов В.А. (ЯНИГП ЦНИГРИ, АК “Алмазы России-Саха”)

Направления восстановления минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий России (теоретические, экономические и методические аспекты)

Распределение ресурсов полезных ископаемых в пределах конкретных металлогенических таксонов весьма часто описываются экспоненциальным законом распределения месторождений по масштабам. Проведенная оценка полноты (надежности) опоскования ряда территорий показывает их недоизученность даже в наиболее исследованных районах - в районах действующих горнодобывающих предприятий. Везде резко недооценена роль небольших месторождений - представляющих особый экономический интерес в современных условиях. Приведена классификация ресурсов и запасов полезных ископаемых по целесообразности и возможности освоения применительно к цели восстановления минерально-сырьевой базы страны в условиях ограниченности инвестиций. Описаны общие принципы построения работ в районах действующих предприятий по восстановлению минерально-сырьевой базы.

Постановка проблемы

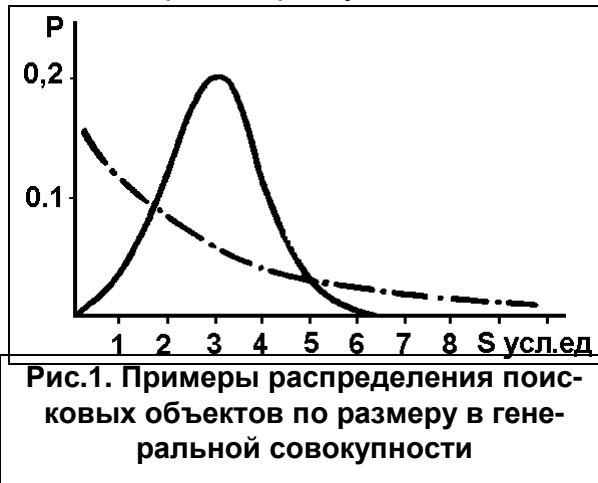
Существующие данные о состоянии минерально-сырьевой базы по многим традиционным районам добычи полезных ископаемых, данные по конкретным видам сырья по стране в целом и динамике добычи и подготовки запасов ряда полезных ископаемых позволяют увидеть отчетливую тенденцию существенного ухудшения многих важнейших показателей. При этом, помимо снижения общих запасов по ряду полезных ископаемых из-за резкого спада инвестиций в геологоразведочные работы, имеет место ухудшение качественных показателей минерально-сырьевой базы за счет того, что рост цен на сырье отстает от роста себестоимости добычи. Причины отмеченных тенденций экономически объективны и связаны, с одной стороны, с невысокой производительностью труда на горнодобывающих предприятиях в сравнении с ее мировыми показателями, а, с другой стороны, с отсутствием в стране свободных денежных средств на долгосрочные инвестиции в геологоразведочные работы и в строительство новых горнодобывающих предприятий. Последствия этих тенденций очевидны.

В свете изложенного представляется важным разработать концепцию развития минерально-сырьевой базы страны, а точнее ее восстановления, которая была бы наиболее адекватна современной экономической и политической обстановке, а также наиболее полно соответствовала геологической изученности страны. Рассмотрим некоторые предпосылки для такой концепции.

Статистическая модель распределения запасов полезных ископаемых в недрах для отдельных металлогенических таксонов.

Распределение запасов полезных ископаемых в недрах в пределах отдельных металлогенических таксонов в координатах “размер месторождения - частота встречаемости” может быть описано двумя крайними статистическими моделями - резко асимметричной и симметричной. Примем резко асимметричное распределение экспоненциальным, а симметричное нормальным (рис.1).

Отметим, что для обоих распределений, показанных на рисунке среднеарифметическое равно трем условным единицам.



Приведенные графики характеризуют распределения частоты встречаемости месторождений различного размера в их генеральной совокупности в пределах какого-либо металлогенического таксона, например, рудного поля.

В процессе проведения поисковых работ в первую очередь обнаруживаются месторождения наиболее крупные и (или) контрастные по индикационным параметрам. В любом случае размер месторождения при одинаковых ландшафтно-

геологических обстановках оказывает прямое влияние на контрастность аномального сигнала либо через продуктивность минералогических или геохимических ореолов, либо через комплексный физический параметр (например, магнитный момент для магниторазведки).

На рисунке 2 приведено несколько графиков, позволяющих оценить вероятность обнаружения поискового объекта округлой формы сетью поисковых наблюдений различной плотности.

Шифр кривых соответствует минимальной площади сечения (в условных единицах) поискового объекта, вероятность подсечения которого данной поисковой сетью равна 1. Учитывая, что приведенные графики могут иллюстрировать вероятность обнаружения объектов различных размеров из некоторой их генеральной совокупности их можно называть функциями усечения генеральной совокупности по размеру.

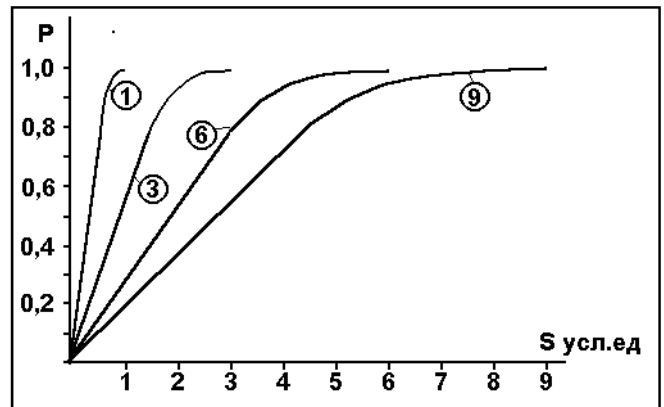


Рис.2. Вид функций усечения генеральной совокупности объектами сетями квадратной формы.

Рассматривая оба рисунка совместно можно видеть, что при использовании поисковых сетей различной плотности генеральная совокупность отчетливо разделяется на две части. Объекты подсеченные сетью составляют неслучайную выборку, а объекты не подсеченные сетью образуют остаточную совокупность.

Рисунок 3 показывает результаты решения рассматриваемого примера графически. Сопоставляя между собой неслучайные выборки при различной плотности поисковой сети для резко асимметричного и симметричного распределений можно отметить следующее.

При резко асимметричном распределении объектов поисков в генеральной совокупности их неслучайная выборка практически всегда имеет вид распределения близкий к логнормальному типу. При этом параметр неслучайной выборки (в данном случае средний размер известных поисковых объектов)

обычно весьма существенно превышают аналогичный параметр для генеральной совокупности, приближаясь к последнему лишь при сверхплотной сети наблюдений (индекс "1" на рисунке).

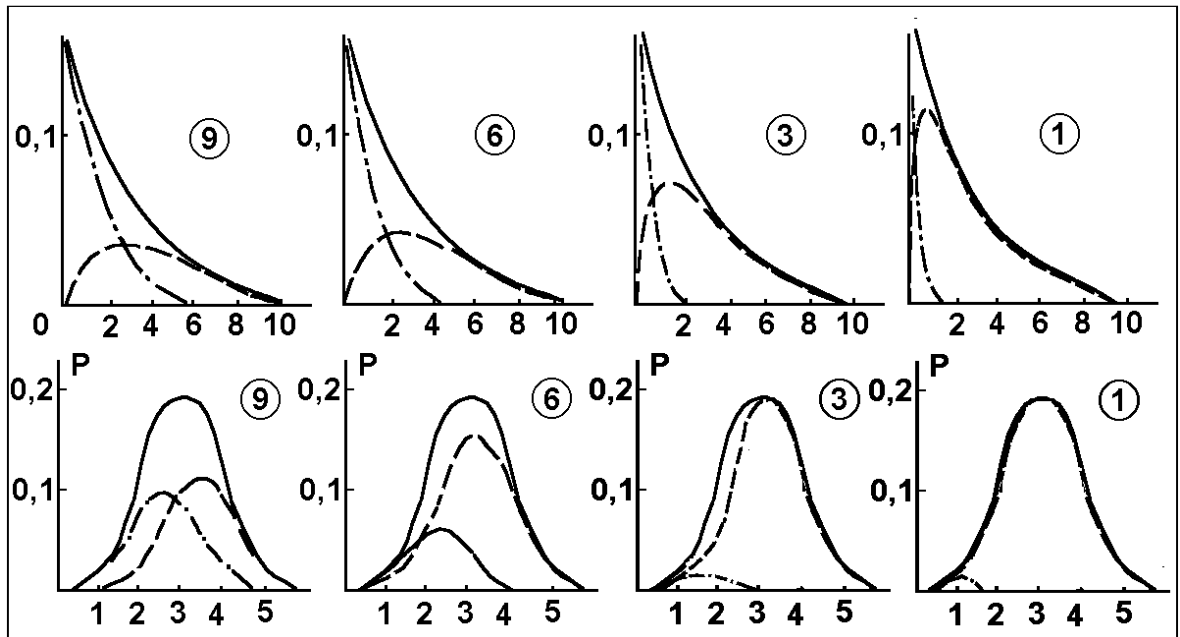


Рис. 3. Генеральные совокупности (сплошные линии) резко асимметричного и симметричного типа, неслучайные выборки (пунктир) и остаточные совокупности (пунктир с точкой) для различной плотности реализованной поисковой сети (индекс в круге).

Для симметричного распределения объектов поисков в генеральной совокупности их неслучайная выборка имеет также симметричный вид и значение среднего размера объектов в этой выборке практически не отличается от величины этого параметра в генеральной совокупности (особенно при ограниченности реальных выборок по объему. Соответственно и среднее для неслучайной выборке не зависит от плотности поисковой сети, т.е. практически не меняется для конкретного минерагенического таксона во времени.

Отмеченные обстоятельства позволяют сделать следующие, важные на наш взгляд в практическом отношении выводы:

1. Даже при достаточно плотной сети поисковых наблюдений реализованных в пределах территории металлогенического таксона (например, рудное поле, кимберлитовое поле и т.д.) полученная выборка из обнаруженных поисковых объектов не является случайной. В случае резко асимметричного распределения объектов в генеральной совокупности, параметры неслучайной выборки весьма существенно отличаются от параметров генеральной совокупности, при симметричном распределении - параметры выборки и совокупности близки.

2. При резко асимметричном распределении объектов в генеральной совокупности даже при достаточно высокой плотности сети поисковых наблюдений использование параметров неслучайной выборки (только обнаруженных поисковых объектов) для оценки общих ресурсов металлогенического таксона приводит к резкому занижению и не доучету роли средних и мелких месторождений. Для симметричного распределения их роль при аналогичной плотности опосредования не высока.

3. Основой перехода от неслучайных выборок к генеральным и остаточным совокупностям служат функции усечения генеральной совокупности.

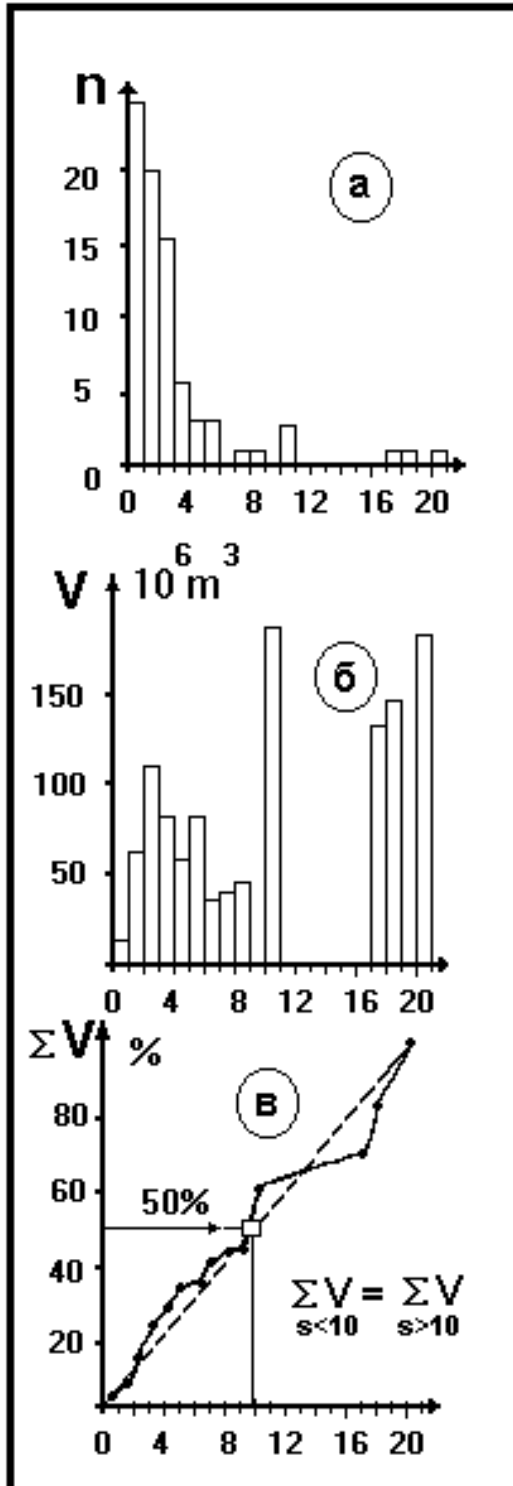


Рис.4. К оценке роли средних и мелких объектов в генеральной совокупности

Приведенный пример основан на идеализированной ситуации и не учитывает особенностей распределения в поисковых объектах индикационных свойств, которые обычно используются для поисков месторождений геофизическими, геохимическими и др. методами. Однако, как показывает детальный анализ этих данных (4), индикационные свойства также достаточно часто распределены по закону близкому к экспоненциальному, при этом часто контрастность проявленности свойства характеризуется положительной корреляцией с размером объекта, что в совокупности существенно усугубляет сделанные выводы.

Рассмотрим роль мелких и средних поисковых объектов на примере одного из кимберлитовых полей Якутии. Важно, что кимберлитовые тела на этом поле выходят под наносы небольшой мощности, а само поле весьма детально опосковано комплексом различных методов. На рисунке 4.а. приведена гистограмма, характеризующая распределение тел в поле по размеру. На рисунке 4.б. иллюстрируется распределение суммарных запасов кимберлитовых пород по различным классам их размеров. На рисунке 4.в. показана кумулятивная кривая по полю в целом.

Анализ приведенных графиков свидетельствует о том, что 50% ресурсов кимберлитов сосредоточены в единичных крупных диатремах, и 50% ресурсов - в кимберлитовых телах мелких и средних по размерам.

Для оценки практической значимости полученного вывода суммарные ресурсы кимберлитовых пород необходимо дополнить данными о характере корреляционной связи между размерами диатрем и их алмазонасностью. Для одних кимберлитовых полей Якутии эта связь имеет отчетливый положительный знак и роль меньших диатрем в балансе алмазонасности

таких полей не велика. Для других полей, такая корреляционная связь не устанавливается, и в этом случае роль остаточной совокупности трубок здесь представляется весьма существенной.

Приведенные данные по открытому и хорошо опосредованному району могут рассматриваться в качестве модели генеральной совокупности для кимберлитовых полей. Важно, что для полей трубок опосредованных менее надежно из-за сложной для поисков ландшафтно-геологической обстановки, распределение трубок по размерам имеет отчетливый логнормальный вид, а средний размер трубки для поля в целом меняется со временем в сторону уменьшения.

Ближние результаты оценок были получены нами для золоторудных районов Якутии и Магаданской области.

По материалам А.И. Кривцова (3) можно видеть, что распределение запасов месторождений многих полезных ископаемых близки к экспоненциальному виду, а их отличие от него хорошо коррелируется с уровнем контрастности индикационных свойств поисковых объектов. При этом наиболее контрастные по свойствам типы месторождений близки к экспоненциальному, слабо контрастные - ближе к логнормальному распределению. Г.А. Булкиным (1) специально изучалась возможность пропуска мелких месторождений. В результате им установлено, что для некоторых геологопромышленных типов месторождений частота встречаемости крупных, средних и мелких объектов в генеральной совокупности составляет соответственно 1:9:90 при различии в запасах между отдельными представителями крупных, средних и мелких месторождений на порядок. Следовательно, по данным этого исследователя суммарные запасы в каждом из классов месторождений соизмеримы. Аналогичные выводы получены для распределения месторождений нефти по запасам группой исследователей, опубликовавших свои результаты по редакцией А.Э.Котарович (2).

Отмеченные обстоятельства позволяют считать резко асимметричное распределение месторождений по масштабам как достаточно универсальный тип распределения, по крайней мере, для многих типов полезных ископаемых.

Завершая изложение теоретической предпосылки подхода к решению рассматриваемой проблемы подчеркнем еще раз, что она основывается на предполагаемом факте резкой недооценки роли небольших по масштабам месторождений для многих даже хорошо изученных территорий и возможности оценки ее фактического значения при специальном изучении функции усечения генеральной совокупности. т.е. при проведении анализа надежности выполненных ранее поисковых работ. Важным следствием этого является неприменимость статистических характеристик индикационных свойств рассчитанных по неслучайной выборке к генеральной совокупности, а тем более к остаточной совокупности и, соответственно, низкая эффективность традиционных технологий поисков, основанная на характеристиках неслучайных выборок.

Мелкие и средние месторождения полезных ископаемых, как экономическая основа восстановления минерально-сырьевой базы

В отличие от крупных месторождений, месторождения средние и мелкие по размерам, с одной стороны, не требуют значительных инвестиций, а с другой характеризуются ускоренным оборотом вложений. При этом сам факт экспоненциального распределения свидетельствует о возможности их достаточно существенного количества в отдельных районах, т.е. о возможности их отработки либо последовательно, одно за другим, по мере обнаружения, либо параллельно в зависимости от наличия инвестиций.

Особую роль имеют мелкие месторождения для районов действующих горнодобывающих предприятий, для которых возникли проблемы по объемным или качественным показателям минерально-сырьевой базы. При этом необхо-

димо учитывать, что для таких районов характерно наличие обогатительных фабрик, развитость инфраструктуры, наличие кадров и т.д. И главной спецификой таких районов является их относительно детальная геологическая изученность, часто с достаточно высокой локализацией перспективных участков, но без завершения заверочных работ из-за ориентации при проводимых ранее поисках на месторождения весьма значительные по размерам.

Отмеченные обстоятельства позволяют предложить специальную классификацию запасов и ресурсов полезных ископаемых применительно к рассматриваемой проблеме. Отметим, что эта классификация не противоречит существующему подходу к классификации ресурсов по прогнозным категориям, а лишь уточняет ее применительно к настоящей обстановке. Приводимые в классификации примеры взяты из практики поисков месторождений алмазов.

Классификация запасов и ресурсов полезных ископаемых применительно к проблеме восстановления минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий в условиях сырьевого кризиса и ограниченной возможности инвестиций

Группа I. Известные мелкие и средние месторождения и рудопроявления в пределах районов действующих горнодобывающих предприятий и других легко экономически доступных территориях, оцененные по категориям запасов и ресурсов, характеризующиеся благоприятной горно-геологической обстановкой и возможностью “облегченной” экономикой добычных работ. *Разделяется на подгруппы (таблица 1)*

Таблица 1. Запасы и прогнозные ресурсы группы I.

Индекс и наименование подгруппы	Краткая характеристика	Примеры
I.а Коренные и россыпные с благоприятными результатами опробования	Затраты на ГРП минимальны, практически готовы к эксплуатации с “облегченной” экономикой работ	Трубки Дачная (Мирнинское поле), трубки Верхне-Мунского поля, россыпные месторождения Солур, Молодо и др.
I.б Коренные и россыпные с малодостоверными результатами опробования	Затраты на ГРП малы, требуется ревизионное оконтуривание и опробование, возможна эксплуатация с “облегченной” экономикой работ	Трубки Далдынского поля и др, небольшие россыпи по рекам вблизи коренных месторождений

Предварительная оценка общей сырьевой значимости месторождений группы: способны при организации *массированной добычи, облегченной экономически, весьма значимо поднять добычу по предприятию на кратковременный период.*

Группа II. Месторождения не обнаруженные . Мелкие, средние по размерам и (или) малоконтрастные по индикационным свойствам и (или) залегающие в неблагоприятных для поисков ландшафтно-геологических обстановках в районах действующих горнодобывающих предприятий. Добычные работы относительно дешевы. Характеризуются высокой, но различающейся степенью локализации внутри районов, благоприятной или умеренно-сложной горно-

геологической обстановкой, близостью обогатительных фабрик, развитостью инфраструктуры. Проявляются в виде локальных и узколокальных рудоперспективных участков и аномалий. *Разделяется на подгруппы (таблица 2).*

Таблица 2. Запасы и прогнозные ресурсы группы II.

Индекс и наименование подгруппы	Краткая характеристика	Примеры
II.a. Узколокальные участки и аномалии, выделяемые в качестве перспективных на обнаружение единичных объектов по результатам детальных поисков, характеризуются весьма низкой надежностью заверочных работ по отношению к минимально-рентабельному объекту поисков*, необходимые дополнительные затраты на ГРП весьма ограничены. в т.ч.		
1. Характеризуются наличием прямых и (или) косвенных признаков промышленной рудоносности.	Требуется проведение ревизии материалов, детализации аномалий и заверочных работ.	Узколокальные участки с явными признаками промышленной алмазности в пределах Мало-Ботуобинского и Далдыно-Алакитского районов.
2. Характеризуются отсутствием или неоднозначностью данных о возможной промышленной рудоносности.	Требуется проведение ревизии материалов, детализации аномалий, дополнительного опробования ореолов, заверочных работ.	Узколокальные участки в пределах Мало-Ботуобинского и Далдыно-Алакитского районов с мало-представительными или единичными пробами из ореолов рассеяния.
II.б Локальные и средние по размерам участки, выделенные внутри рудного (или кимберлитового) поля в качестве перспективных на обнаружение сближенной группы поисковых объектов (куста кимберлитовых трубок) по результатам общих или предварительных поисков, характеризуются весьма низкой надежностью заверочных работ по отношению к минимально-рентабельному объекту поисков *, необходимые дополнительные затраты на ГРП ограничены в т.ч.		
1.Характеризуются наличием прямых или косвенных признаков промышленной рудоносности	Требуют проведения ревизионно-поисковых работ после оценки надежности наработанного ранее материала с выделением узколокальных перспективных участков	Зоны активного динамического влияния кимберлитовмещающих разломов или их крупные фрагменты в Мало-Ботуобинском районе
2.Характеризуется отсутствием или неоднозначностью данных о возможной промышленной рудоносности	Требуют проведения ревизионно-поисковых работ и дополнительного опробования после оценки надежности наработанного ранее материала с выделением узколокальных перспективных участков	Зоны активного динамического влияния разломов без доказанной кимберлитовности или их крупные фрагменты в Мало-Ботуобинском районе

*Примечание: * под минимально-рентабельным объектом поисков здесь понимается такой объект, т.е. месторождение или рудопроявление таких размеров, содержа-*

ний и с условиями залегания, эксплуатация которого самым дешевым способом может обеспечить минимальную заданную

Предварительная оценка общей сырьевой значимости месторождений группы:
при организации массированных заверочных и ревизионно-поисковых работ, ориентированных на минимально-рентабельный объект поисков, в районах действующих добывающих предприятий, весьма вероятным является открытие дополнительной к известным группы мелких и средних промышленных месторождений, способных обеспечить добычу по предприятию на среднесрочный период.

Группа III. Обнаруженные и не обнаруженные различные по размерам месторождения, преимущественно малоcontrastные по индикационным свойствам и (или) залегающие в сложных ландшафтно-геологических обстановках, весьма удаленные от районов действующих предприятий и требующие значительных инвестиций для проведения горно-добычных работ. Проявляются в виде перспективных участков и площадей.

Примечание: В основу выделения настоящей группы положен главный принцип - необходимость создания для эксплуатации подобных месторождений практически всех элементов инфраструктуры. Следовательно, для этой группы поисковых объектов становятся справедливыми все требования, сформулированные нами ранее (Цыганов, 1988) для районов, поисковые работы в которых проходят первый этап (этап нового района). Однако, в сравнении с первым этапом, прошедшим ранее (т.к. практически все рудоперспективные территории страны в той или иной степени уже опробованы на объекты, контрастные по индикационным параметрам), можно ожидать, что поисковые объекты здесь будут обладать существенно меньшим уровнем контрастности индикационных свойств и (или) залежать в более сложных ландшафтно-геологических обстановках.

Дальнейшая классификация запасов и ресурсов третьей группы осуществляется делением на подгруппы в зависимости от степени локализации территории (поле, металлогеническая зона, субпровинция), далее на классы в зависимости от наличия и контрастности проявленности признаков промышленной рудоносности, и, наконец, на подклассы, в зависимости от полноты реализации на площадях сокращенной схемы геологоразведочного процесса.

Подробное описание третьей группы не входит в задачу настоящей публикации.

Рассмотрим кратко в сравнении основные геолого-экономические характеристики выделенных групп и подгрупп запасов и прогнозных ресурсов, учитывая при этом приведенный выше тезис о резко асимметричном распределении размеров месторождений по размерам.

Для запасов и ресурсов подгруппы I.a. характерна относительно высокая достоверность прогноза, практическая готовность к эксплуатации, максимальная скорость возмещения инвестиций. В то же время, для этой подгруппы вряд ли могут быть оценены как высокая общая сырьевая значимость для района действующего предприятия. Следовательно, можно ожидать, что с момента введения в эксплуатацию запасы и ресурсы этой группы могут исчерпаться в течение нескольких лет (условно 1-3 года). Эта оценка следует из соотношения масштабов крупных и мелких месторождений, с одной стороны, и традиционных сроков включаемых в проекты для окупаемости крупных добычных предприятий (де-

сятки лет) и возможных сроков окупаемости предприятий или цехов с “облегченной” экономикой..

Запасы и ресурсы подгруппы I.б. характеризуются относительно меньшей достоверностью прогноза по подгруппе, необходимостью небольших дополнительных инвестиций в ревизионное опробование и оконтуривание и также максимальной скоростью возмещения инвестиций при благоприятных результатах последнего. Важно отметить, что как показывают имеющиеся данные, небольшие по возможным запасам месторождения и рудопроявления часто отбраковывались уже после первых заключений о размерах, без необходимого представительного опробования. Следовательно, сырьевая значимость для районов объектов этой группы может оказаться по крайней мере не меньшей, чем предыдущей подгруппы. И, подготовка ее к эксплуатации может добавить еще несколько лет рентабельной деятельности ГОК'а.

Таким образом, представляется, что целенаправленное изучение известных небольших месторождений и рудопроявлений, которые ранее не рассматривались как объекты возможной эксплуатации, в современных экономических условиях могут обеспечить минерально-сырьевой задел функционирования предприятия на несколько лет.

Завершая анализ данных по объектам первой группы, важно констатировать, что эти небольшие объекты как правило никогда специально не включались в расчеты поисковых сетей и не рассматривались как объекты обязательного выявления. Они “попадались” в поисковые сети случайно и далеко не все. Следовательно, в свете рассмотренной выше статистической модели, объекты первой группы являются отчетливыми представителями неслучайной выборки, т.е. их количество в генеральной совокупности района в данном случае совершенно не оценено или оценено ошибочно.

Так, например, для одного из районов действующих алмазодобывающих предприятий Западной Якутии поисковая сеть на закрытых территориях составляет 200 x 200 м, что гарантирует подсечение кимберлитовой трубки правильной круглой формы сечения площадью в 6,3 га. В то же время, как показали геолого-экономические оценки параметры минимально-рентабельного объекта здесь в несколько раз меньше и они с вероятностью меньшей чем 0,5 пропускаются даже сетью 100 x 100 м. Ранее (4) карта оценки надежности подсечения на объекты различных размеров по этому району была уже опубликована (см. рис.33).

Прогнозные ресурсы объектов второй группы сосредоточены в объектах, которые в принятой статистической модели отнесены к остаточной совокупности. Для них как уже отмечалось характерна достаточно высокая степень локализации в недрах, ограниченность инвестиций на геологоразведочные работы. Безусловно, достоверность прогноза каждого из объектов этой группы в отдельности существенно ниже, чем для первой группы. Однако сырьевая значимость всех обнаруженных месторождений, к которым относятся не только небольшие, но и (или) малоконтрастные по индикационным параметрам, и (или) залегающие в сложных для поисков ландшафтно-геологических обстановках, может быть оценена как весьма и весьма высокая для района действующего горнодобывающего предприятия. Важно еще раз подчеркнуть, что для объектов второй группы при получении положительных геологических результатов также характерны ограниченные потребности в инвестициях на добычные работы и высокая скорость их оборота.

В качестве примера, подтверждающих значимость в масштабах района действующего предприятия месторождений второй группы, можно привести один из результатов оценки надежности опробования района действия Карамкенского ГОК'а в Магаданской области. Там оказалось, что из всех вторичных геохимических ореолов золота, параметры которых удовлетворяли требованиям как ореолы от минимально-рентабельных объектов, только около 30% получили надежную интерпретацию и определение геологической природы. Остальные 70% ореолов оказались не привязанными к коренным источникам. Не останавливаясь на причинах сложившейся ситуации, можно констатировать весомую значимость необнаруженных таких источников в сырьевом балансе района.

Выполненная оценка надежности опробования одного из районов действующего предприятия алмазодобывающей промышленности в Якутии показала, что вероятные остаточные ресурсы района в среднем соизмеримы с запасами полезного компонента в самой крупной трубке района с доверительным интервалом в обе стороны около 50%. При этом сосредоточены эти ресурсы в кимберлитовых телах площадью в первые га, что хорошо согласуется с вероятностными оценками возможности пропуска таких объектов применяемым ранее прогнозно-поисковым комплексом.

Этапы и технологические особенности работ по восстановлению минерально-сырьевой базы.

Выполненная классификация запасов и ресурсов, приведенные данные по экономическим характеристикам поисковых объектов, а также отмеченные их специфические вещественно-индикационные свойства и ландшафтно-геологические условия залегания месторождений из остаточной совокупности позволяют сформулировать основные этапы, требования и технологические особенности геологических работ, направленные на восстановление минерально-сырьевой базы действующих горно-добывающих предприятий.

В свете изложенного можно выделить три основных этапа восстановления минерально-сырьевой базы.

1 - этап массивированной активизации запасов и ресурсов **группы I.**

2 - этап массивированной активизации ресурсов **группы II.**

3 - этап массивированной активизации ресурсов **группы III.**

В каждом из этапов выделяются подэтапы: подготовительный, геологический, эксплуатационный. При этом задачей подготовительного этапа является уточнение направлений поисков и разработка высоконадежных технологий геологического подэтапа, адаптированных к каждому конкретному участку или площади его реализации, техническая подготовка. Важно, что подготовительные подэтапы могут быть начаты практически одновременно, геологические - по мере завершения подготовительных. Оценивая, скорее не возможность, а более потребность предприятий в минерально-сырьевых ресурсах с улучшенной себестоимостью, можно ставить задачу начала эксплуатационного подэтапа:

* **для первого этапа** - через 1-2 года, с обеспечением прироста добычи на 3-5 лет;

* **для второго этапа** - через 3-5 лет, с обеспечением прироста добычи на 5-10 лет;

* **для третьего этапа** - через 10-15 лет, с обеспечением стабильного развития минерально-сырьевой базы на длительный период.

Приведенные числа достаточно условны и могут рассматриваться скорее в относительном смысле, чем в абсолютном. Они характеризуют принципиальную последовательность подготовки и вовлечения запасов и ресурсов в эксплуатацию, с одной стороны, и указывают на источник инвестиций для каждого последующего этапа за счет предыдущего.

Требования к содержанию работ по этапам, технологии работ на подготовительном и геологическом подэтапах в значительной степени определяются самим понятием "остаточная совокупность поисковых объектов", т.е. это совокупность месторождений, пропущенных при проведении поисковых работ по традиционной технологии. Следовательно, первой задачей на подготовительных подэтапах является оценка надежности поисковых работ, выполненных ранее в районе действующего горно-добывающего предприятия. Тогда второй задачей будет разработка высоконадежного прогнозно-поискового комплекса на остаточную совокупность объектов. Подробно методика решения этих задач рассмотрена нами ранее (4). Остановимся ниже только на основных принципах подхода к решению и приведем несколько примеров.

Согласно существующему определению под надежностью системы принято понимать ее способность сохранять качество при определенных условиях эксплуатации на заданный объем работы. При этом под качеством системы или ее элемента обычно понимают совокупность свойств, позволяющих использовать их по назначению, а под условиями эксплуатации - определенную совокупность внешних факторов. При таком подходе к определениям, очевидно, *под качеством геолого-поисковой системы можно понимать ее способность к непропуску минимально-промышленного поискового объекта, независимо от возможной изменчивости его индикационных параметров и особенностей строения вмещающей ландшафтно-геологической среды. Тогда под надежностью геолого-поисковой системы и ее элементов можно понимать их способность сохранять качество, т.е. способность к непропуску минимально-промышленного поискового объекта на заданный объем работ.*

В теории надежности систем основным понятием, определяющим возможность исследования эффективности функционирования системы и ее составляющих, является понятие отказа - такого события, при котором происходит утрата системой или элементом свойств, позволяющих использовать их по назначению. Будем понимать *под отказом геолого-поисковой системы или ее элемента любое действительное (т.е. установленное) или возможное (вероятное) событие, которое приводит (привело) или может приводить в конечном счете к пропуску на площади работ хотя бы одного минимально-промышленного объекта поисков.*

Проведенное исследование отказов, встречающихся в практике геолого-поисковых работ позволило разработать для них специальную классификацию с выделением пяти следующих типов:

- отказы вещественно-индикационного типа - объединяют ситуации отсутствия у поисковых объектов достаточного уровня контрастности индикационного свойства (свойств), используемого в практике работ поисковым методом (методами) соответствующего свойству (например, немагнитные или слабомагнитные объекты при поисках магниторазведкой);

- отказы ландшафтно-геологического типа - объединяют ситуации, при которых объект поисков, обладая достаточным уровнем контрастности индикационного свойства, из-за особенностей ландшафтно-геологических условий вмещающей Среды не может быть уверенно зафиксирован по отражению в исследуемом поле;

- отказы технико-метрологического типа - объединяют ситуации, при которых объект поисков, обладая уровнем контрастности индикационного параметра вполне достаточным для формирования в конкретной ландшафтно-геологической среде и на конкретной поверхности исследований минимально-контрастной для обнаружения аномалии, не может быть уверенно зафиксирован из-за возможных отклонений системы и точности наблюдений от наиболее благоприятной для фиксирования;

- отказы геолого-интерпретационного типа - объединяет ситуации, при которых поисковый объект, отразившийся в измеренном (наблюденном) поле достаточно контрастной аномалией, не будет правильно идентифицирован из-за ошибок при обработке и интерпретации наблюдаемых данных;

- отказы заверочного типа - объединяют ситуации, при которых пропуск объекта обусловлен ошибочной методикой заверочных работ.

Для отказов каждой группы разработан специальный количественный

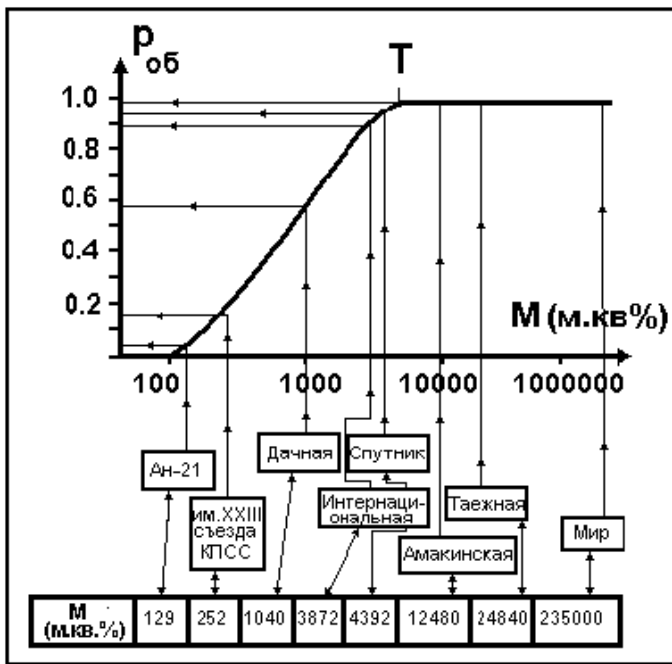


Рис. 5. Пример функции усечения генеральной совокупности по отказам трех первых групп шлихо-минералогического метода поисков кимберлитов.

аппарат (Цыганов,1994), который позволяет рассчитать параметры функции усечения генеральной совокупности в целом для района действующего предприятия и отдельно по его отдельным ландшафтно-геологическим и геолого-экономическим зонам. Расчет функции может проводится по отдельным методам или по их комплексу.

На рисунке №5 приведен пример объединенной функции усечения генеральной совокупности для трех первых групп отказов шлихо-минералогического метода поисков кимберлитов в условиях площадей перекрытых мезозойскими породами на территории Мало-Ботубинского района Западной Якутии. Здесь по горизонтальной оси графика показана минералогическая продуктивность по индикаторным минералам кимберлитов

(произведение площади сечения трубок на содержание минералов) для объектов поисков - кимберлитовых трубок, по вертикальной оси - вероятность безотказной работы метода по отношению к трем первым группам отказов. Ниже графика приведены значения минералогической продуктивности для всех кимберлитовых тел названного района.

Анализ графика показывает, что при названной ландшафтно-геологической обстановке наиболее контрастные по минералогической продуктивности трубки могут отчетливо отражаться своими ореолами при использовании поисковой сети 200 x 200 м. Небольшие же месторождения, такие как Интернациональная, Дачная, Им. XXIII съезда КПСС, могут не отразиться в по данным метода. Необходимо подчеркнуть, что приведенный график иллюстрирует только надежность метода по отношению к отказам трех первых групп и не рассматривает отказы геолого-интерпретационного и заверочного типов. В то же время на названной площади имеются минералогические ореолы не привязываемые к известным месторождениям, что свидетельствует о наличии отказов, как четвертой, так и пятой групп.

Приведенный пример иллюстрирует случай расчета части функции усечения генеральной совокупности по одному поисковому методу. В случае расчета функции для двух методов (минералогический и магниторазведочный) функция принимает трех-мерный вид, а график распределения индикационных свойств по неслучайной выборке также получает дополнительную координату (магнитный момент - минералогическая продуктивность - частота встречаемости).

Не останавливаясь подробно на способе оценки всех индикационных свойств поисковых объектов из остаточной совокупности, проиллюстрируем результат этих оценок еще на одном примере. Для решения сформулированной задачи применительно к районам действующих предприятий алмазодобывающей промышленности Якутии на основе вещественно-индикационных характеристик объектов из неслучайной выборки нами проведен статистический анализ более чем 80 характеристик 96 кимберлитовых тел по лабораторно-аналитическим данным И.П.Илупина, Д.И.Саврасова, А.Т.Бондаренко. Исследование проводилось методом факторного анализа и было направлено на решение трех задач:

Выявление групп индикационных свойств кимберлитов, характеризующихся общей корреляцией, с попыткой установления ее вещественной природы;

Выявление специфических индикационных свойств таких трубок, для которых характерна низкая контрастность традиционных, используемых при поисках индикационных параметров (намагниченность, продуктивность по индикаторным минералам);

Выявление специфических индикационных свойств для трубок с промышленной алмазоносностью.

Результат решения первой задачи иллюстрируется таблицей №3. В ней приведены данные о корреляции основных индикационных характеристик кимберлитовых тел с их главными вещественными свойствами. В таблицу включены только такие характеристики трубок для которых уровень значимости коэффициента корреляции превышает существующие табличные значения, т.е. связь между изменчивостью вещественной и индикационной характеристикой близка к линейной (свойства сопряженного типа). Кроме этого выделялись свойства сопряженно-автономного типа, для которых значимость коэффициента корреляции находилась в интервале 0,9 - 0,999, а также свойства автономного типа, для которых корреляция с главными факторами не установлена.

Таблица 3. Вещественно-индикационные свойства сопряженного типа для кимберлитов Далдыно-Алакитского района (Западная Якутия)

Номер и краткое описание фактора	Знак корреляции с фактором	Группы индикационных свойств		
		Уровни концентрации химических элементов	Уровни концентрации минералов	Петрофизические свойства
1. Отношение концентраций MgO, SiO₂, H₂O, к CaO, CO₂	Положительный	Повышенные концентрации B, Zn, Cr, Ni	Не установлено	Повышенное электрическое сопротивление на переменном токе
	Отрицательный	Повышенные концентрации Li, Ba	Не установлено	Повышенные значения эффективной пористости, диэлектрической проницаемости
2. Концентрации FeO, Fe₂O₃, TiO₂	Положительный	Повышенные концентрации Cu, Ta, Sc, Co, V, Sn, Nb, Ga, Mn	Повышенные концентрации пикроильменита	Повышенные значения магнитной восприимчивости, фактора Q, плотности
	Отрицательный	Не установлено	Повышенные концентрации хромшпинели	Не установлено
3. Концентрации K₂O и Na₂O	Положительный	Повышенные концентрации Sr, Hf, Rb	Не установлено	Не установлено

Анализ приведенной таблицы позволяет сделать ряд важных в практическом отношении выводов. Но главным из них является вывод о том, что при подсечении минералого-геохимического ореола от трубки точками поисковых наблюдений представляется возможным прогнозировать вещественно-индикационные свойства необнаруженных диатрем и выбирать методы для их обнаружения. При повышенных концентрациях в ореоле B, Zn, Cr, Ni существуют все основания прогнозировать трубку с повышенной магнезиальностью и как следствие - с пониженной электропроводностью. В этом случае традиционная электроразведка может оказаться малоэффективной, что хорошо согласуется с результатами полевых геофизических работ. Напротив, пониженные концентрации названных элементов позволяют уверенно использовать метод при благоприятной для него ландшафтно-геологической обстановке. Аналогичным образом можно прогнозировать петромагнитные свойства не обнаруженных трубок и т.д.

Не останавливаясь на результатах решения второй задачи, рассмотрим сразу результаты попытки выявления специфических индикационных свойств для трубок с промышленной алмазоносностью. Для рассматриваемой территории алмазоносность трубок обнаружила весьма сильную корреляцию с содержанием в трубках серы. Проведенные изучения петрофизических свойств

позволили связать ее с сульфидной формой и предположить повышенную поляризуемость промышленно-алмазоносных трубок. С другой стороны удалось установить значимую корреляцию алмазоносности трубок с относительно повышенной магнетиальностью и пониженной железистостью. Полученные выводы позволяют заново подойти к рассматриваемой площади и провести предварительную разбраковку выделенных ранее кимберлитоперспективных участков в начале по уже имеющимся геохимическим данным, а затем с дополнительными полевыми работами методом вызванной поляризации.

Приведенный пример иллюстрирует в значительной степени неожиданность выводов, которые могут получиться при исследовании возможных индикационных свойств остаточной совокупности. В нашем случае это - ограниченная эффективность магниторазведки, специфические аномалии по данным электроразведки на переменном токе (аномалии повышенных сопротивлений, вместо пониженных, как всегда предполагалось), аномалии вызванной поляризации (метод в поисковых целях не использовался).

Завершая описание предлагаемой концепции восстановления минерально-сырьевой базы традиционных действующих горнодобывающих предприятий России, сделаем основные выводы:

1. Частота встречаемости месторождений многих полезных ископаемых по размеру (масштабам) в пределах районов действующих горнодобывающих предприятий (часто соответствуют или близки металлогенической категории "поле") описывается резко асимметричным распределением близким к экспоненциальному типу. Ориентация выполненных поисковых работ на обнаружение относительно крупных месторождений, месторождений с повышенными индикационными параметрами, приводит к тому, что выбока из обнаруженных объектов не является случайной и не характеризует генеральную, а тем более остаточную совокупность. Следовательно, роль небольших и малоконтрастных объектов резко недоучитывается.

2. Проведенная оценка роли небольших и малоконтрастных месторождений на примере ряда алмазоносных территорий Якутии, золотоносных территорий Магаданской области, свидетельствует о их весьма существенной значимости в минерально-сырьевом балансе районов. При этом, эксплуатация таких месторождений в районах действующих предприятий не требует больших инвестиций и обеспечивает сравнительно высокую оборачиваемость капитала.

3. Приведенная классификация ресурсов и запасов полезных ископаемых применительно к проблеме восстановления минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий в условиях сырьевого кризиса и ограниченной возможности инвестиций позволяет для каждого из районов действующих горнодобывающих предприятий провести соответствующий анализ по отношению к современным экономическим условиям и наметить этапы постепенного выхода из кризиса.

4. Специфической чертой месторождений из "остаточной совокупности" является их принципиальное отличие по многим индикационным параметрам и условиям залегания от совокупности обнаруженных объектов, что свидетельствует о необходимости изменения, либо полной смены технологии поисков для их обнаружения. Однако, накопленная база данных по известным месторождениям в значительной степени уже содержит элементы знаний по новым технологиям.

5. Разработка технологий выявления "остаточной совокупности" заключается в последовательном решении двух задач: оценки надежности опоско-

вания территории и разработке специализированного для объектов этой совокупности высоконадежного прогнозно-поискового комплекса методов.

Литература

1. Булкин Г.А. Энергия рудообразования и распределение запасов. ДАН СССР. - 1982. -т. 263. - №2.
2. Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов. А.Э.Контарович, Л.М.Бурштейн, Г.С.Гуревич и др. Под ред. А.Э.Контаровича. - М.: Недра. - 1988.-233 с.:ил.
3. Кривцов А.И. Методологические основы локального прогноза рудных месторождений. Советская геология. 1987, № 9, с.12-19
4. Цыганов В.А. Надежность геолого-поисковых систем. - М.: Недра, 1994. - 299.: ил.

Опубликовано:

Направления восстановления минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий России (теоретические, экономические и методические аспекты). «Отечественная геология» 1998, № 2, с.24-35.