

# ОСТАТОЧНЫЕ ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ РАЙОНОВ ДЕЙСТВУЮЩИХ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯКУ- ТИИ И ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕ- НИЯ

В.А. Цыганов

*Федеральное государственное унитарное научно-производственное предприятие  
"Аэрогеофизика", г. Москва*

## 1. Постановка проблемы

К категории остаточных прогнозных ресурсов (запасов) полезных ископаемых в районах действующих горнодобывающих предприятий относятся такие естественные или искусственные скопления полезного минерального компонента, которые фактически имеют место, но на момент строительства ГОК'ов не были уверенно обозначены, обнаружены и оценены в недрах, и, соответственно, не вошли в суммарный баланс ресурсов и запасов, учитываемых при проектировании рентабельных на задаваемый эксплуатационный период предприятий. Иными словами, к остаточным ресурсам относятся все минимально ценные концентрации минерального сырья, не обнаруженные или не обозначенные на момент проектирования ГОК'ов, но находящиеся на удалении от них, допускающем хотя бы безубыточное извлечение с использованием строящихся мощностей. Не останавливаясь на искусственных концентрациях полезного компонента в виде хвостов и отходов горных предприятий, коммерческая ценность которых зависит от совершенствования схем извлечения и динамики цен минерально-сырьевого рынка, рассмотрим далее только естественные остаточные ресурсы районов действующих предприятий.

Имеющийся фактический материал по развитию поисковых работ на различные полезные ископаемые в нашей стране и за рубежом позволяет с позиций теории надежности геолого-поисковых систем [1] выделять для каждого района (региона) две главные фазы поисков: поиски в новом районе и поиски в районе действующего ГОК'а, и для каждой из этих фаз принимать свои модели конечных объектов поисков и схемы ведения геолого-поисковых работ.

Для геолого-поисковых работ **в новом районе** задачей является обнаружение скоплений полезного ископаемого в количестве, достаточном для обоснования строительства рентабельного на длительный период горнодобывающего предприятия. Объектами геологических поисков в таких районах являются месторождения сравнительно крупные по размерам, контрастные по индикационным характеристикам, залегающие в благоприятных ландшафтно-геологических обстановках. Обычно такие месторождения обнаруживаются сравнительно дешевыми - экспрессными поисковыми методами в процессе геолого-съёмочных и сопутствующих им геофизических, минералогических и геохимических работ. Ведущая роль в обнаружении месторождений здесь часто принадлежит методам, ориентированным на выявление поисковых признаков, в то время как поисковые предпосылки для конкретного региона разработаны недостаточно.

В отличие от стадийной схемы геологоразведочного процесса, предусматривающей выделение для каждой стадии работ своего поискового объекта, промежуточного по отношению к конечному объекту - месторождению полезного ископаемого, здесь весьма часто и эффективно используется сокращенная схема опосредованного поиска. Последняя, при благоприятных условиях, позволяет осуществить выход на месторождения, на новые минералогические таксоны (поля, кусты трубок и др.) минуя целые стадии исследований. В этом случае обнаружение рудных полей и рудоносных зон обычно осуществляется по объектам-индикаторам последних, т.е. по рудным телам, залегающим в благоприятных ландшафтно-геологических обстановках и характеризующихся при этом наиболее контрастными значениями индикационных свойств: размеров или, например, минералогической продуктивности или намагниченности. Важной особенностью работ в новом районе является достаточная эффективность использования на практике типовых, усредненных моделей поисковых объектов и вмещающей их ландшафтно-геологической среды.

Для модели геолого-поисковых работ **в районах действующих горнодобывающих предприятий** основной геолого-экономической задачей является обеспечение действующего предприятия дополнительными запасами для продления срока рентабельного существования. Объем и структура затрат на разработку месторождений здесь, по сравнению с новым районом существенно различаются, а соответственно различаются и требования промышленности к минимальным параметрам месторождений. Тогда объектами поисковых работ в районах действующих горнодобывающих предприятий становятся скопления полезных ископаемых существенно меньшие по размерам, в сравнении с обнаруженными месторождениями. А в силу специфики методики проведения поисков на первом этапе, к ним добавляются и крупные месторождения, но либо малоконтрастные по индикационным параметрам, либо залегающие в неблагоприятных поисковых обстановках.

Как показывает опыт работ и анализ публикаций, такие объекты обнаруживаются обычно при достаточно сложном комплексировании поисковых методов и (или) при использовании значительных объемов горно-буровых работ. При этом снижается роль методов, ориентированных на обнаружение объекта только по поисковым признакам и возрастает роль прогнозирования с использованием уже выявленных локальных и узколокальных поисковых предпосылок. Соответственно, сокращенная схема поисков на втором этапе становится малоэффективной, а результативность работ зависит либо от детальности разработки и степени практического использования стадийной схемы исследований, либо весьма существенного увеличения и концентрации объемов горно-буровых работ. Здесь весьма ограничено использование в практике поисков индикационных параметров поисковых объектов, характеризующих в среднем месторождения, обнаруженные ранее. Каждый объект на каждом поисковом участке можно рассматривать на этом этапе как явление, достаточно индивидуальное, не типичное.

В свете изложенного, при изучении остаточных прогнозных ресурсов конкретных районов действующих предприятий, прежде всего, представляется важным, с одной стороны, оценить их суммарные количественные показатели (ресурсы, запасы), а, с другой стороны, провести прогнозирование наиболее вероятных индикационных свойств и условий залегания для месторождений, необнаруженных на первом этапе. Тогда первое поможет в ответе на вопрос о целесообразности постановки нового этапа поисковых работ, а второе – позволит наметить эффективную технологию, связанную с задачей выявления остаточных ресурсов.

В ряде наших предшествующих публикаций [1, и др.] были рассмотрены теоретические и методические вопросы, а также некоторые результаты, связанные с решением обозначенных задач для различных районов и видов полезных ископаемых. В результате проведенных работ нам удалось показать высокую вероятность открытия в традиционных районах новых месторождений, суммарные запасы которых вполне соизмеримы с выявленными ранее. В рамках настоящей статьи, не останавливаясь на обосновании, перейдем непосредственно к описанию результатов выполненных исследований применительно к традиционным районам алмазодобычи Западной Якутии.

## **2. Остаточные прогнозные ресурсы (алмазы) для территории Западной Якутии**

Можно предложить специальную классификацию запасов и ресурсов полезных ископаемых применительно к рассматриваемой проблеме. Эта классификация не противоречит существующему подходу к классификации ресурсов по прогнозным категориям, а лишь уточняет ее применительно к настоящей постановке проблемы.

**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.

Разделяются на подгруппы:

а) Коренные и россыпные месторождения с благоприятными результатами опробования. Здесь затраты на геологоразведочные работы минимальны и месторождения практически готовы к эксплуатации (Трубки Дачная, россыпь лога Глубокий - Мирнинское поле), трубки Верхне-Мунского поля, россыпные месторождения Солур, Молодо и др.);

б) Коренные и россыпные месторождения с малодостоверными результатами опробования, требующие небольших дополнительных затрат на геологоразведочные работы для ревизионного оконтуривания и опробования (Трубки Далдынского поля и др., небольшие россыпи по рекам вблизи коренных месторождений).

Предварительная оценка общей минерально-сырьевой значимости для объектов этой группы показывает, что при организации массивированной добычи из этих месторождений, облегченной экономически (небольшие карьеры, близость ГОК'ов и пр.) вполне возможно весьма значимо поднять добычу по предприятию на кратковременный период.

**Группа II. Месторождения не обнаруженные** . Мелкие, средние по размерам и (или) мало-контрастные 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:

а) 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.

➤ 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).

➤ 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 малопредставительными или единичными пробами из ореолов рассеяния).

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.

➤ 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)

➤ 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 кимберлитности или их крупные фрагменты в Мало-Ботуобинском районе, в пределах Нанькинского кимберлитового поля).

Под минимально-рентабельным объектом поисков здесь понимается такой объект, т.е. месторождение или рудопоявление таких размеров, содержания и с условиями залегания, эксплуатация которого самым дешевым способом может обеспечить минимальную заданную прибыль.

Предварительная оценка общей сырьевой значимости месторождений группы показывает, что при организации массивированных 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, и не исключено, что на долгосрочный периоды.

**Группа III. Обнаруженные и не обнаруженные различные по размерам месторождения**, преимущественно мало-контрастные 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.

В основу выделения настоящей группы положен главный принцип - необходимость для эксплуатации подобных месторождений создания практически всех элементов инфраструктуры. Сле-

довательно, для этой группы поисковых объектов становятся справедливыми все требования, сформулированные нами ранее [1] 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 опоскованы на объекты, контрастные по индикационным параметрам), можно ожидать, что поисковые объекты здесь будут обладать существенно меньшим уровнем контрастности индикационных свойств и (или) залегать 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. 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 течении 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 (десятки лет) и возможных сроков окупаемости предприятий или цехов с “облегченной” экономикой. Запасы и ресурсы подгруппы I.b. 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 работ. 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 соответствующего ГОК’а.

Таким образом, представляется, что целенаправленное изучение известных небольших месторождений и рудопоявлений, которые ранее не рассматривались как объекты возможной эксплуатации, в современных экономических условиях могут обеспечить минерально-сырьевой задел функционирования предприятия на несколько лет. При этом 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 ранее [1] статистической модели, объекты первой группы являются отчетливыми представителями остаточной совокупности месторождений, обнаруженных, 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 (1) карта оценки надежности подсечения на объекты различных размеров по этому району была уже опубликована.

Прогнозные ресурсы объектов второй группы сосредоточены в объектах, которые в принятая 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.

Выполненные оценки надежности опознания территорий Мирнинского и Алакит-Мархинского кимберлитовых полей - районы действующих горнодобывающих предприятий алмазодобывающей промышленности показали, что вероятные остаточные ресурсы районов в среднем соизмеримы с запасами полезного компонента в самой крупной трубке 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.

### 3. Этапы и технологические особенности работ по активизации остаточных ресурсов.

Приведенная классификация запасов и ресурсов, 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 укрепление минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий. Можно выделить три основных этапа активизации остаточных ресурсов. Это этапы: 1- массивированной активизации запасов и ресурсов группы I, 2 - этап массивированной активизации ресурсов группы II и 3 - этап массивированной активизации ресурсов группы III.

В каждом из этапов выделяются подэтапы: подготовительный, геологический, эксплуатационный. 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 возможный 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 горнодобывающего предприятия. Для Мирнинского и Алакит-Мархинского кимберлитовых полей эта задача была решена около 10 лет назад. В настоящее время, по-видимому целесообразно провести корректуру полученных результатов с учетом новых данных и возможных новых теоретических подходов. Тогда второй задачей будет совершенствование высоконадежного прогнозно-поискового комплекса методов на остаточную совокупность объектов. Подробно методика решения этих задач рассмотрена нами ранее [1]. Остановимся ниже только на основных принципах подхода к решению и приведем несколько примеров.

Под **качеством** геолого-поисковой системы принято 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. Под **отказом** геолого-поисковой системы или ее эле-

мента понимается любое действительное (т.е. установленное) или возможное (вероятное) событие, которое приводит (привело) или может приводить, в конечном счете, к потере системой качества, т.е. 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 слабемагнитные 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;

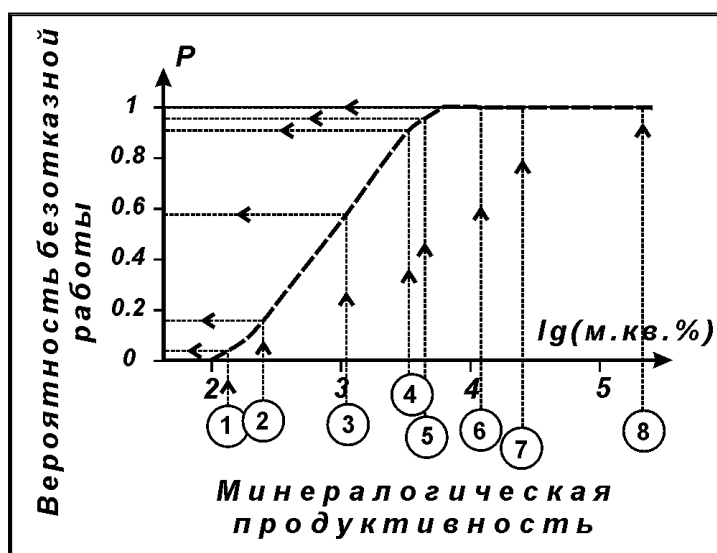
- **отказы геолого-интерпретационного типа** - объединяет ситуации, при которых поисковый объект, отразившийся в измеренном (наблюденном) поле достаточно контрастной аномалией, не будет правильно идентифицирован из-за ошибок при обработке и интерпретации наблюдаемых данных;

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

Для отказов каждой группы разработан специальный количественный аппарат, 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 проводиться по отдельным методам или по их комплексу.

На рисунке №1 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-Ботуобинского 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.

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 при-



**Рисунок 1. Пример функции усечения генеральной совокупности по отказам трех первых групп шлихо-минералогического метода поисков кимберлитов**

Номера кимберлитовых тел на графике: 1 – Ан-21, 2 – им. XXIII съезда, 3 – Дачная, 4 – Интернациональная, 5 – Спутник, 6 – Амакинская, 7 – Таежная, 8 – Мир.

веденный 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 трехмерный вид, а график распределения индикационных свойств по неслучайной выборке также получает дополнительную координату (магнитный момент - минералогическая продуктивность - частота встречаемости). Использование таких оценок позволяет провести общую прикидочную оценку остаточных прогнозных ресурсов, пока не обнаруженных в конкретном районе и на основе этого принять **решение о целесообразности или не целесообразности новой фазы поисков.**

Следующей важной задачей, решение которой определяет технологию этой фазы алмазописковых работ в районах действующих ГОК'ов, является задача по прогнозированию вещественно-индикационных свойств месторождений из их остаточной совокупности. Т.е. здесь необходимо построить такую прогнозно-поисковую модель месторождения, которая, с одной стороны, могла бы достаточно систематически пропускаться на первом этапе, но, с другой стороны, фактически существовать и обладать при этом достаточно высоким уровнем полезности.

Не останавливаясь подробно на способах 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 двух основных задач. Это выявление специфических индикационных свойств таких трубок, для которых характерна низкая контрастность традиционных, используемых ранее при поисках индикационных параметров (намагниченность, продуктивность по индикаторным минералам кимберлитов). И это выявление особых, специфических индикационных свойств для трубок с повышенной алмазоносностью.

В результате решения первой из поставленных задач оказалось, что вся изменчивость вещественных свойств исследованных кимберлитовых трубок Западной Якутии в основном весьма четко и уверенно описывается изменчивостью трех главных вещественно-химических факторов. Это:

- Отношение суммарных концентраций ( $MgO$ ,  $SiO_2$  и  $H_2O$ ) к суммарным концентрациям ( $CaO$  и  $CO_2$ );
- Суммарные концентрации ( $FeO$ ,  $Fe_2O_3$  и  $TiO_2$ );
- Суммарные концентрации щелочей ( $K_2O$  и  $Na_2O$ ).

Тогда, далее, все индикационные свойства кимберлитов (петрофизические и геохимические характеристики, содержания индикаторных минералов кимберлитов и пр.) по силе корреляции с этими факторами оказалось возможным разделить на индикационные свойства: сопряженно-го типа по корреляции с главными факторами (связь между изменчивостью вещественной и индикационной характеристикой близка к линейной); сопряженно-автономного типа (для которых значимость коэффициента корреляции находилась в интервале 0,9 - 0,999) и автономного типа (для которых корреляция с главными факторами не установлена).

К числу **индикационных свойств сопряженного типа для кимберлитов**, т.е. свойств практически линейно связанных с изменчивостью главных вещественных факторов, удалось отнести такие их основные индикационные свойства, как электропроводность (и некоторые другие геоэлектрические параметры), магнитную восприимчивость (намагниченность), а также концентрации ряда химических элементов. Оказалось, что с первым из обозначенных факторов практически прямо и положительно связаны значения электрического сопротивления кимберлитовых пород на переменном токе (обратно – эффективной пористости и диэлектрической проницаемости), концентрации в них бора, цинка, хрома и никеля (обратно – лития и бария). Т.е. чем выше магнетизальность кимберлитовых трубок, тем более они электропроводны, но и тем более в них уровни концентраций группы из первых названных химических элементов.

Для второго фактора (железистость, титан) оказалось, что практически линейно и положительно с ним связаны значения магнитной восприимчивости, фактора  $Q$ , плотности пород, кон-

центраций в кимберлитах меди, тантала, скандия, кобальта, ванадия, олова, ниобия, галлия и марганца. Отрицательно и линейно с этим фактором оказались связаны концентрации хромшпинелидов.

Для третьего фактора (суммарная щелочность) удалось увидеть, что он в наименьшей степени влияет на индикационные свойства кимберлитов. Для него установлена только прямая, практически линейная корреляция со стронцием, гафнием и рубидием.

Анализ приведенных данных позволяет сделать ряд важных в практическом отношении выводов. Но главным из них является вывод о том, что при подсечении минералогеохимического 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 В, Zn, Cr, Ni существуют все основания прогнозировать трубку с повышенной магниальностью 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 остальных результатах решения первой задачи, рассмотрим сразу результаты попытки выявления специфических индикационных свойств для трубок с повышенной алмазоносностью. И здесь следует обозначить, что для рассматриваемой территории алмазоносность трубок обнаружила весьма сильную корреляцию с содержанием в трубках серы. Проведенные изучения петрофизических свойств позволили связать эти концентрации с сульфидной формой и предположить повышенную поляризуемость промышленно-алмазоносных трубок. Также удалось установить значимую корреляцию алмазоносности трубок с относительно повышенной магниальностью и пониженной железистостью. В свете полученных оценок построена петрофизическая модель кимберлитовых тел повышенной алмазоносности. Она выглядит следующим образом:

- Аномальная магнитная восприимчивость ( $n \cdot 10^{-5}$  ед. СИ), от 20 до 200 при средне м в интервале 50 –75;
- Фактор Кенигсбергера - от 0.1 до 2 при среднем около 0.3;
- Знак остаточного намагничения от - до + при чаще встречаемом +;
- Плотность ( $г/см^3$ ), от 2,2 до 2,9, при неопределенном среднем значении;
- Электрическое сопротивление (омм) от 700-800 до 3000-5000, при среднем 1000-2000;
- Поляризуемость (%), от 2 до 8, при среднем 3-4.

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 ранее не использовался).

Таким образом, используя имеющиеся данные по поисковым объектам, обнаруженным в течение первой фазы поисковых работ в регионе, могут быть получены и характеристики месторождений, систематически пропускаемые при поисках по некоторой эффективной ранее, но фиксированной поисковой технологии.

### **Заключение**

В настоящей статье, вначале, была предпринята попытка обозначить проблему остаточных прогнозных ресурсов для районов действующих предприятий алмазодобывающей промышленности Западной Якутии. И, на наш взгляд, эта попытка привела нас далее к выводу, что даже при общем подходе к проблеме такие ресурсы совершенно не исключены для районов традиционной алмазодобычи. Мало того, на основе ранее выполненных исследований удалось систематизировать такие остаточные ресурсы по количественным и качественным характеристикам и высказать предположение, что имеет место их вполне достаточное количество, обеспечивающее алмазодобычу на первые десятилетия.

С использованием специальных подходов, основанных на теоретических позициях теории надежности геолого-поисковых систем, проведено прогнозирование вещественно-индикационных



свойств для поисковых объектов повышенной алмазности, систематически пропускаемых при поисках. Построена их вещественно-индикационная модель, ориентация на которую при проведении поисковых работ, позволит, на наш взгляд, существенно повысить эффективность поисков промышленно-алмазносных месторождений.

#### Литература

1. Цыганов В.А. Надежность геолого-поисковых систем. - М.: Недра, 1994. - 299.: ил.

#### Аннотация

**Остаточные прогнозные ресурсы районов действующих алмазодобывающих предприятий Якутии и основные проблемы их промышленного освоения.** В.А. Цыганов

Проведены результаты теоретического и практического анализа остаточных ресурсов алмазов для районов действующих предприятий Западной Якутии. Это позволяет делать вывод о целесообразности постановки нового этапа поисковых работ в этих районах. Приведена классификация остаточных прогнозных ресурсов. Предложены прогнозно-поисковые модели новых месторождений. Эти модели существенно отличается от месторождений обнаруженных ранее. Описаны элементы новых поисковых технологий.

#### Summary

**Residual geological resources of areas working diamondmining enterprises of Yakutia and basic problems of their industrial development.** V. A. Tsyganov

The results of the theoretical and practical analysis of residual resources of diamonds for areas of the working enterprises of Western Yakutia are carried out. It allows to judge expediency of statement of a new stage of exploration works in these areas. The classification of residual geological resources is given. The forecasting-explorations models of new deposits are offered. These models essentially differs from deposits found out earlier. The elements of new search technologies are described.

Опубликовано:

- . Остаточные прогнозные ресурсы районов действующих алмазодобывающих предприятий Якутии и основные проблемы их промышленного освоения. В сб. «Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века». Воронеж. 2003. с.553-558.