

«РИСКИ И РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ В ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ И ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ»

Цыганов В.А.- ФГУНПП «АЭРОГЕОЛОГИЯ» (vlad@aerogeologia.ru)

1. Риск-менеджмент – как основа планирования ГРР в условиях рыночной экономики

Среди главных этапов геологоразведочного процесса (съёмка - поиски – оценка – разведка) наиболее рисковыми являются поиски. Поисковые работы обычно проводятся на территориях, размер которых в тысячи раз превышает размеры конечных объектов поисков. При этом, главным требованием к ним является обеспечение на всей изучаемой площади одинакового высокого качества проводимых исследований, гарантирующего непропуск промышленно-ценного месторождения. Любое событие, ведущее к потере качества, является рисковым для конечного результата. Оно может приводить либо к пропуску поискового объекта (Риск 1 рода), либо к излишнему расходованию средств (Риск 2 рода).

Риск выражает вероятность наступления какого-либо неблагоприятного события умноженную на ущерб от его последствий..

Успешный риск-менеджмент является важнейшим условием конкурентоспособности и надежности любого предприятия или банка.

Главная задача риск-менеджмента состоит в выявлении и предотвращении возможных неблагоприятных событий, нахождении путей минимизации их последствий, создании методологий управления.

Риски первого рода в общем случае можно связывать с ОТКАЗАМИ геолого-поисковых систем, т.е. с любыми событиями, приводящими к пропуску промышленно-ценных месторождений. Проведенный анализ причин возникновения таких отказов при поисках месторождений полезных ископаемых (Цыганов, 1994) показал, что они отчетливо разделяются на два главных типа. Это отказы, связанные с недостатком знаний о вещественно-индикационных свойствах поисковых объектов и вмещающей их ландшафтно-геологической среды, а также отказы, обусловленные неполным или ошибочным использованием имеющихся знаний на различных этапах работ.

РИСКИ ПЕРВОГО РОДА в общем случае можно связывать с ОТКАЗАМИ геолого-поисковых систем, т.е. с любыми событиями, приводящими к пропуску промышленно-ценных месторождений. Проведенный анализ причин возникновения таких отказов при поисках месторождений полезных ископаемых (Цыганов, 1994) показал, что они отчетливо разделяются на два главных типа. Это отказы, связанные с недостатком знаний о вещественно-индикационных свойствах поисковых объектов и вмещающей их ландшафтно-геологической среды, а также отказы, обусловленные неполным или ошибочным использованием имеющихся знаний на различных этапах работ.

РИСКИ ВТОРОГО РОДА подразделяются на три основные группы. Первая из них связывается с проведением работ на территориях, где поисковые объекты отсутствуют. Обычно при выборе таких площадей и участков существенным оказывается влияние иллюзий, ложных стереотипов, заблуждений.

Вторая группа рисков здесь связывается с отсутствием на выбранной площади коммерчески ценных объектов, но при наличии соответствующих рудопроявлений и точек минерализации. И, наконец, еще одна группа рисков второго рода имеет место на территориях с исключительно сложными природными (ландшафтно-геологическими) условиями ведения поисковых работ. В этих случаях даже при наличии на площадях коммерчески ценных объектов, поисковые работы могут растянуться на десятилетия и не привести к положительному результату.

Под ОТКАЗОМ геолого-поисковой системы или ее элемента понимается любое действительное (т.е. установленное) или возможное (т.е. вероятное) событие, которое приводит, привело или может привести, в конечном счете, к пропуску на площади работ хотя бы одного экономически ценного поискового объекта.

Очевидно, что выявление подобного типа событий (отказов – рисков), их изучение, классификация, моделирование, разработка технологических приемов устранения или минимизации влияния, представляет важнейший практический интерес. Принято (<http://www.bankclub.ru/seminar-article.htm>) определить четыре цели, соответствующие четырем эволюционным стадиям развития процесса управления рисками:

Под КАЧЕСТВОМ геолого-поисковой системы или ее элементов понимается их способность к непропуску поисковых объектов, а под их НАДЕЖНОСТЬЮ - способность сохранять качество на заданный объем работы, или, способность к непропуску поисковых объектов в пределах исследуемой территории.

1. Оценка рисков в целях определения, насколько общая позиция предприятия, подверженная риску, соответствует его капиталу.

2. Определение лимитов на риски для бизнес-направлений (например при проведении поисков на нескольких участках) с тем, чтобы гарантировать, что общая позиция компании, подверженная риску, соответствует ее капиталу.

3. Определение лимитов на риски для бизнес-направлений (например при проведении поисков на нескольких участках) с тем, чтобы гарантировать, что общая позиция компании, подверженная риску, соответствует ее капиталу.

4. Возможность топ-менеджмента компании оценить эффективность деятельности каждого бизнес-направления с учетом риска (*risk-adjusted performance measurement*).

- *Возможность топ-менеджмента эффективно управлять капиталом компании, влияя как на капитал в целом, так и на распределение капитала по бизнес направлениям (capital allocation).*

2. Теория надежности геолого-поисковых систем, как основа риск-менеджмента при поисках месторождений

Теория надежности геолого-поисковых систем (далее ТНГС) оказалась первой и пока единственной теорией ошибок в поисковой геологии, позволяющей изучать ошибки именно в теории, а не делать их на практике. Выявление, моделирование и минимизации финансовых рисков, связанных с методикой поисков месторождений, основанное на исследовании с позиций ТНГС является новым научным направлением, которое в качестве объекта исследований, выбрало ошибки и отказы, возникающие при проведении геологоразведочных работ.

Кроме конечных объектов поисковых работ в ТНГС выделяются промежуточные и частные объекты поисков. Под **промежуточными объектами поисков** здесь понимаются разномасштабные иерархические геологические структуры, ансамбли, перспективные для локализации нескольких конечных поисковых объектов – рудный район, рудный узел, рудное поле и др., а под **частными объектами** – специфические особенности геологического строения территории, определяющие локализацию (поисковые предпосылки – стратиграфические, петрологические и др.), либо отражающие сам факт локализации (поисковые признаки) конечных и промежуточных поисковых объектов.

К группе отказов в ВЕЩЕСТВЕННО-ИНДИКАЦИОННОМ МОДУЛЕ относятся такие возможные и действительные ситуации, при которых пропуск поискового объекта происходит из-за отсутствия у него явно выраженного, соответствующего поисковому методу или технологии аномального индикационного свойства.

логии их реализации.

Исследование качества и надежности для элементарных пар «объект-метод» включает в себя следующие операции:

- 1) выделение всех вероятных отказов (Рис.2.) в паре с подразделением их на группы (модули геологической эффективности);
- 2) типизация выделенных отказов по возможной частоте встречаемости и влиянию на эффективность поисков;
- 3) подбор методик количественной оценки вероятностей отказов в высокой частотой встречаемости и существенным влиянием на эффективность поисковых работ. Изучение и картирование факторов влияющих на вероятностные оценки;
- 4) построение карт результатов оценки надежности поисков для конкретной пары: «объект-метод».

Всего для каждой пары «объект – метод» в ТНГС выделяется пять условий (модулей геологической эффективности), при выполнении которых поисковый объект обнаруживается, а при невыполнении хотя бы одного – пропускается (Рис. 3).

А - по отношению к поисковому методу, используемому в паре, объект поисков должен обладать минимально-

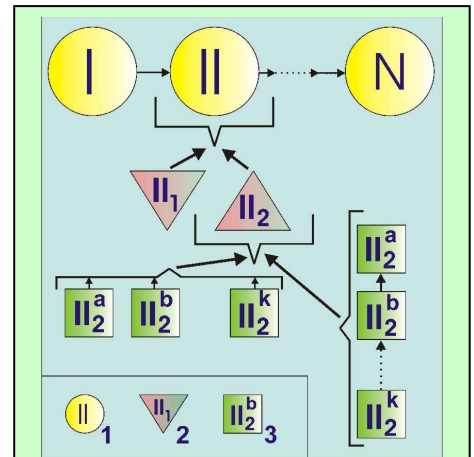


Рис. 1. Структура геолого-поисковой системы.

1 – отдельные стадии или подстадии ГРП; 2 – элементы стадий или подстадий, ориентированные на выделение отдельных прогнозных или других необходимых факторов 3 – отдельные поисковые или вспомогательные методы.

В конечном счете, любая геолого-поисковая система на основе природной иерархии поисковых объектов разделяется на элементарные составляющие: «ОБЪЕКТ – МЕТОД» (Рис.1.), для каждой из которых проводится исследование качества и надежности, а затем уже осуществляются интегральные оценки, строятся карты оценки надежности по территориям, прикидываются остаточные ресурсы и разрабатываются эффективные техно-

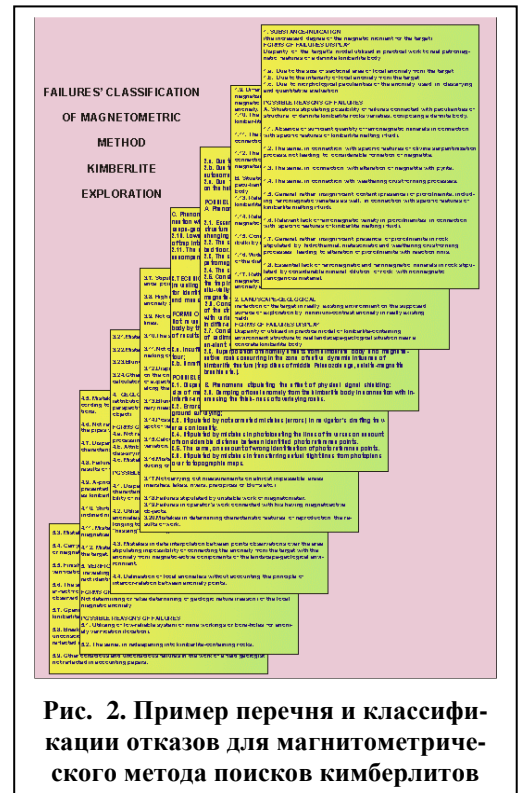


Рис. 2. Пример перечня и классификации отказов для магнитометрического метода поисков кимберлитов

аномальным значением соответствующего индикационного параметра, например, для магниторазведки - быть намагниченным, а для шлихо-минералогического метода - содержать индикаторные минералы;

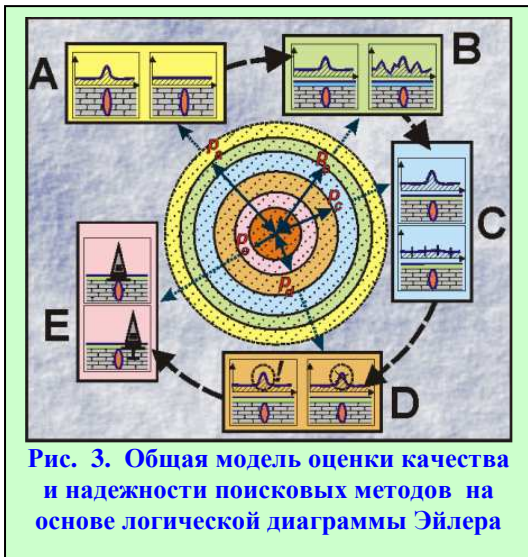


Рис. 3. Общая модель оценки качества и надежности поисковых методов на основе логической диаграммы Эйлера

зующего объекта

Е - применяемая система заверочных работ (либо переход на следующую стадию исследований) должна гарантировать вскрытие аномалообразующего объекта.

Выделенные группы рисков-отказов являются универсальными для любых пар «поисковый объект – поисковый метод», для комплекса поисковых объектов и для поисковых объектов любого иерархического уровня (рудное поле, узел, группа рудных тел, единичное рудное тело и пр.). Они позволяют расчленять сложные геолого-поисковые системы на элементарные пары «объект-метод» (см. Рис.1.) с оценкой для каждой из них вероятностных характеристик риска – отказа.

Отказы третьего, ТЕХНИКО-МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО МОДУЛЯ поисковых методов происходят из-за несоответствия параметров поисковой сети (или точности наблюдений (или представительности опробования) реальным размерам и контрастности проявления поисковых объектов.

Отказы второго - ЛАНДШАФТНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДУЛЯ поисковых методов, происходят из-за неблагоприятного воздействия на условия поисков компонентов вмещающей ландшафтно-геологической среды. Это отказы, связанные с экранированием компонентами среды сигнала от поискового объекта.

В результате полученных помодульных характеристик качества может быть определена обобщенная характеристика качества (p_{a-e}) или надежности поискового метода или технологии, реализованного или проектируемого для конкретной площади для обнаружения конкретного объекта, как произведение условных вероятностей (см. Рис.2.):

$$p_{a-e} = p_a p_b p_c p_d p_e$$

В конечном счете, использование количественных оценок позволяет построить обобщенную карту качества и надежности опосредования любых территорий на любые полезные ископаемые:

- с выделением площадей и участков, характеризующихся высоким уровнем технологического риска (вероятностью пропуска поисковых объектов)
- определением главных факторов, определяющих этот риск, отдельно по приведенным выше группам;
- определением основных технологических приемов минимизации риска (резервирования) или критериев прекращения дальнейших работ из-за «технологической недоступности» поисковых объектов.

К отказам четвертого, ГЕОЛОГО-ИНТЕРПРЕТАЦИОННОГО, модуля поисковых методов отнесены ситуации, при которых пропуск поискового объекта становится возможным при истолковании полевых данных из-за ошибок в процедурах геофизической, общей геологической и прогнозной интерпретации.

3. Понятие о резервировании мало надежных элементов геолого-поисковых систем

Выделение отказов для поисковых методов и прогнозно-поисковых комплексов предполагает разработку таких мероприятий, технологических схем и отдельных приемов, которые либо позволят полностью исключить возможность соответствующих отказов, либо, по крайней мере, в значительной степени минимизировать вероятность их проявления. Система таких мероприятий, очевидно, должна существенно увеличить надежность и геологическую эффективность поисков.

Пятым модулем, определяющим надежность геолого-поисковых работ, является ЗАВЕРОЧНЫЙ. К его отказам отнесены возможные и действительные ситуации, обуславливающие пропуск поискового объекта из-за его неподчинения при проверке прогнозных рекомендаций.

С позиций теории надежности систем все методические приемы, мероприятия и технологические схемы выполнения работ, включая и комплексование методов, направленные, в конечном счете, на повышение надежности систем и их элементов можно объединить в одну группу операций - РЕЗЕРВИРОВАНИЕ МАЛОНАДЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

В основу классификации приемов и способов резервирования для повышения надежности геолого-поисковых систем положена классификация отказов по модулям, рассмотренную выше. При этом резервирование называется **внутренним**, если оно осуществляется в рамках основного поискового метода, **внешним**, если резервирование предполагает замену одного метода на другой. Внешнее резервирование может быть **общим**, если один метод полностью заменяется другим, или **раздельным**, если вспомогательный метод используется для повышения надежности только одного из модулей основного метода. В зависимости от времени установления отказа основного метода резервирование также подразделяется на **постоянное и замещением**. Первое из них используется в ситуациях, когда отказ основного метода вероятен, но точно не определен, второе - в ситуациях, при которых отказ установлен либо

А.А.Никитин (доктор г.-м.н., МГРИ): "Именно количественная оценка надежности геосистем и их отдельных элементов представляет чрезвычайно актуальную проблему геологоразведки, определяющую развитие исследований на десятилетия вперед. Практическое значение положений ТНГС трудно переоценить, поскольку рецензент уверен в дальнейшем их использовании многими коллективами геологов-геофизиков в самых различных регионах России и за рубежом".

в ходе работ, либо после их окончания. Для каждого из перечисленных приемов разработаны способы количественной оценки соответствующих надежностных параметров (Цыганов, 1994). Для каждого из пяти модулей существуют свои специфические приемы резервирования.

ТНГС позволяет проводить:

- количественную оценку качества и надежности любых геолого-поисковых работ и их рисков, выполненных на любых территориях и на любые полезные ископаемые;
- выбор технологии работ для обнаружения остаточных месторождений в традиционных районах горной добычи, ее оптимизацию по результативности и себестоимости;
- выбор оптимизированной технологии для проведения геолого-поисковых работ в новых районах;
- выделение вероятных ошибок, связанных с отсутствием знаний по конкретным прикладным проблемам, и разрабатывать программу получение этих знаний;
- выделение вероятных ошибок, связанных с использованием или ошибочным использованием имеющихся знаний;

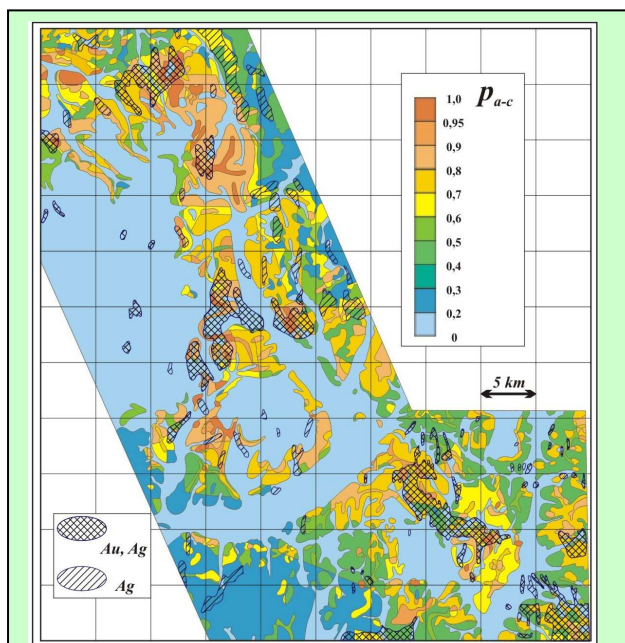


Рис. 4. Карта частичной оценки надежности опосредования района деятельности Карамкенского ГОК'а (вероятность P_{a-c}) и вторичные геохимические ореолы по Au-Ag и Ag.

- оценку геолого-экономической целесообразности проведения геологических работ, технологической доступности поисковых объектов.

ТНГС прошла апробацию и приблизила поиски к положительным геологическим результатам в различных районах, на различные полезные ископаемые, в т. ч.: *по алмазам* в Якутии, Архангельской области, Бразилии, Северо-Восточных территориях Канады; *по золоту* Магаданской области Южной и Восточной Якутии; *по полиметаллам* Казахстана; *бокситам* Урала. Работы на основе ТНГС получили *только положительные отзывы и заключения* в МПР РФ, ГК Республики Саха по геологии и недропользованию, в "Севергеолкоме, АК "Алмазы России – Саха, АО РК "Алмаззолото"; ЦНИГРИ, РГГРУ, ВСЕГЕИ, МГУ им. М.В.Ломоносова, СПГУ, ИМиП Сибирского отделения РАН, ВостСибНИИГТИМСе, ЯИГН Сибирского отделения РАН.

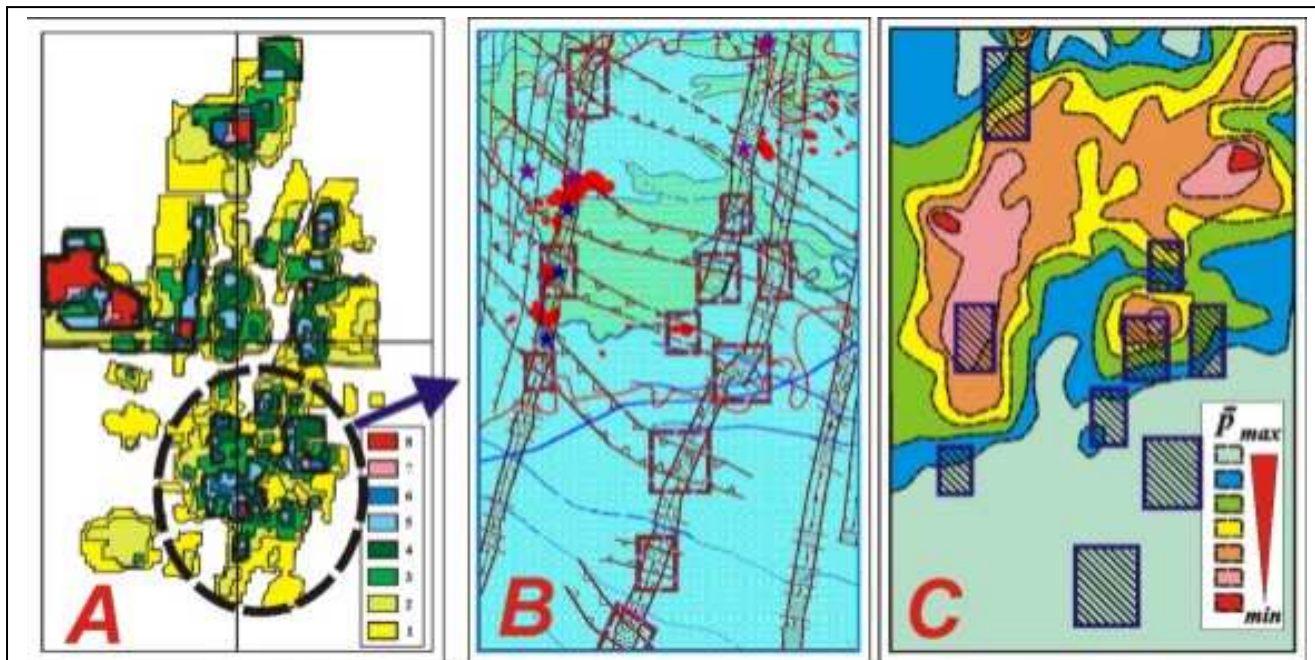


Рис. 5. Результаты исследования вероятности технологического риска для геолого-поисковых работ, выполненных по одному из кимберлитовых полей Якутии

А - сводная карта прогнозных рекомендаций на все поле; В - Прогнозная карта на алмазы и локальные кимберлитоперспективные участки по южной части поля; С - Карта распределения вероятностей технологического риска (отказов) для проведенных поисковых работ.

В настоящее время в соответствии с Государственным заказом работы по разработке региональной компьютерной экспертной системы риск-менеджмента по направлениями и технологиями поисков месторождений полезных ископаемых осуществляются ФГУНПП «Аэрогеология» *для территории севера Урала в зоне проектируемой железной дороги Ивдель-Лабитнанги*, подготовлено и находится в стадии согласования техническое задание о проведении аналогичных работ *на нефть для территории Республики Татарстан.*

Основные публикации

1. Оценка надежности опосредования частично закрытых районов аэрогамма-спектрометрическим методом. "Сов. геология" 1983, N 9, с.109-114. авт. Цыганов В.А.
2. Оценка надежности геолого-поисковых работ в районах действующих горнодобывающих предприятий. "Сов. геология" 1987, N 1, с.3- 15. авт. Цыганов В.А., Нарсеев В.А.
3. Оценка надежности геолого-поисковых систем (на примере Западной Якутии) В серии "Прогнозно-поисковые комплексы" вып. XX. М. Из-во ЦНИГРИ, 1987, 86 с. авт. Цыганов В.А.
4. О проблеме оценки генеральной совокупности по неслучайным выборкам (на примере индикационных характеристик кимберлитов) ДАН СССР, 1988, том 301, N 3, с. 672-677. авт. Цыганов В.А., Зинчук Н.Н., Афанасьев В.П.
5. Элементы методики анализа и повышения надежности поисковых методов и целевых прогнозно-поисковых комплексов. М. Из-во ЦНИГРИ 1989, 56 с. авт. Цыганов В.А., Зинчук Н.Н.
6. Методика и результаты оценки надежности геолого-поисковых работ на объектах

7. Оценка геологической эффективности поисковых работ с позиций теории надежности систем. "Сов. геология" 1990, N 9, с.3-11. авт. Цыганов В.А.
8. Методика оценки остаточных прогнозных ресурсов в районах действующих предприятий алмазодобывающей промышленности Западной Якутии и Архангельской области В сб. "Основные направления повышения эффективности и качества геологоразведочных работ на алмазы". г. Иркутск, 1990.с.149-151 авт. Цыганов В.А., Белов А.В., Крючков А.И., Лелюх М.И
9. Результаты классификации и исследования отказов шлихо-минералогического метода поисков кимберлитов (закрытые территории Западной Якутии). В сб. "Основные направления повышения эффективности и качества геологоразведочных работ на алмазы" .г. Иркутск, 1990. с. 200-202. авт. Цыганов В.А. Афанасьев В.П.
10. Результаты классификации и исследования отказов метода прямого подсечения при поисках кимберлитов. В сб. "Основные направления повышения эффективности и качества геологоразведочных работ на алмазы". г. Иркутск, 1990. с. 235-238. авт. Цыганов В.А., Клопотова Л.В., Лелюх М.И.
11. Результаты классификации и исследования отказов магнитометрического метода поисков кимберлитов В сб. "Основные направления повышения эффективности и качества геологоразведочных работ на алмазы". г. Иркутск, 1990. с. 205-207. авт. Цыганов В.А., Романов Н.Н., Герасимчук А.В.
12. Результаты классификации и исследования отказов гравиметрического метода поисков кимберлитов (закрытые территории Западной Якутии). В сб. "Основные направления повышения эффективности и качества геологоразведочных работ на алмазы". г. Иркутск, 1990. с. 207-210. авт. Романов Н.Н. Цыганов В.А., Герасимчук А.В.
13. Результаты классификации и исследования отказов геохимического метода поисков кимберлитов по околотрубочным ореолам рассеяния. В сб. "Основные направления повышения эффективности и качества геологоразведочных работ на алмазы" .г. Иркутск, 1990. с. 203-205. авт. Цыганов В.А., Заиченко М.В., Боровкова Т.В.
14. НАДЕЖНОСТЬ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ. М."Недра"1994. 484 с. авт. Цыганов В.А.
15. Направления восстановления минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий России (теоретические, экономические и методические аспекты) "Отечественная геология" 1997, N 3. авт. Цыганов В.А.
16. Проблемы и перспективы развития геофизических технологий при поисках коренных месторождений алмазов. «Геофизика», 2001, N 9. . авт. Контарович Р.С., Цыганов. В.А.
17. 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: Воронежский государственный университет, 2003. с 553-558. авт. Цыганов В.А.
18. Восстановление и расширение минерально-сырьевой базы действующих добывающих предприятий. "Минеральные ресурсы России" № 5-2005. авт. Цыганов В.А., Егоров А.Ю., Ставский А.П.
19. "Методические рекомендации по определению параметров минимально-промышленных поисковых объектов и объектов-индикаторов кустов и полей трубок при поисках кимберлитов", Мирный 1989. Фонды Ботубинской ГРЭ. 64 с. Цыганов В.А
20. Проект реорганизации системы финансирования и организации ГРР и НИР в компании на алмазы и другие полезные ископаемые. Мирный. 1995. Фонды АК "Алмазы России-Саха". 77 с. Цыганов В.А