

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ АЛМАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

В.А. Цыганов, Т.Ю. Лаврова, Самохин А.А., Д.А. Минин*, Л.С. Пантелеев*.

ФГУНПП «Аэрогеофизика», г. Москва,
ЗАО «Золотые, алмазные инвестиции и технологии» г. Москва.

Комплексная высокоточная аэрогеофизическая съемка (аэромагнитометрия, аэрогамма-спектрометрия) на Незаметнинской (Кедровской) площади Приморского края масштаба 1:10 000 была выполнена на территории 2400 км². Целевым назначением работ являлось подготовка высокоточной геофизической основы для последующих поисков коренных месторождений алмазов и других полезных ископаемых. В результате выполненной съемки были построены карты магнитного поля (аномального и локальной составляющей), содержания радиоактивных элементов (Th, U, K) в масштабе 1:25 000, проведено формальное выделение локальных аномалий т.н. «трубчатого» типа. Дополнительно к традиционной, т.н. «сокращенной» схеме оценки территории по аэрогеофизическим данным, проведена полная геологическая и целевая – прогнозная интерпретация полученных материалов (алмазы, золото и др. полезные ископаемые). Для этого использовались все, оказавшиеся доступными априорные геолого-геофизические данные, вплоть до карт фактических геологических наблюдений при геолсъемке масштаба 1:50 000. В результате, для площади построены: «Геолого-геофизическая модель строения территории по результатам аэрогеофизической съемки», «Схема факторов прогноза на коренные источники алмазов» (масштабы 1:50 000) и «Схема факторов прогноза на коренные проявления золота, олова, вольфрама и возможные коренные источники драгоценных камней (гиацинт, сапфир), масштаб 1:100 000. Полученные результаты, позволили отнести большую часть исследованной территории к бесперспективной на обнаружение промышленных месторождений алмазов (террейны мезозойского возраста), а на оставшейся, малоперспективной части (байкальские террейны) выделить несколько локальных магнитных аномалий, заверка которых имеет смысл в случае обоснованного удреждения возраста консолидации Ханкайского массива.

Методика и аппаратура полевых аэрогеофизических работ, формальная геофизическая обработка данных

Комплексная аэрогеофизическая съёмка выполнялась на вертолете Ми-8т по системе параллельных маршрутов с расстоянием между ними 100 м. Направление рабочих полетов – запад - восток. Средняя высота составила 100 м, съёмка выполнялась с генеральным обтеканием рельефа. Средняя скорость вертолета на маршруте составила 120 км/час. Полеты выполнялись из аэропорта г. Дальнереченска. Измерения модуля полного вектора индукции **магнитного поля** производились высокочувствительным квантовым цезиевым аэромагнитометром нового поколения - AeroMaster VN-99 с датчиком CS-2. Датчик (CS-2) и базовый электронный блок (предусилитель) магнитометра производится фирмой «SCINTREX» (Канада), интерфейсный блок и система сбора данных разработан специалистами ФГУ НПП «Аэрогеофизика». Магнитометр характеризуется высокой чувствительностью (0.001 нТл); быстродействием (10 изм/сек); устойчивостью к градиенту магнитного поля (до 20000 нТл/м); широким рабочим диапазоном (17 000÷100000 нТл); большой активной зоной датчика (15°÷75° между осью датчика и вектором поля); широким диапазоном рабочих температур (от -40° до +50°); высокой помехо- и виброустойчивостью и т. д. Датчик магнитометра размещался в выпускной gondole на трос-кабеле длиной 50 м. Среднеквадратическая погрешность аэромагнитной съёмки составила ± 1.01 нТл для 656 пересечений. **Аэрогамма-спектрометрическая съёмка** выполнялась многоканальным гамма-спектрометром, изготовленным в ФГУ НПП «Аэрогеофизика». В качестве детекторов используются полициновые кристаллы NaJ (Tl) (фирма - изготовитель «Scintrex», Канада) объемом 44 литра (11 кристаллов). Каждая пара кристалл + ФЭУ (сцинтиблок) представляет собой миниспектрометр с самостоятельным трактом управления и термостабилизацией энергетической шкалы. Таким образом, обеспечивается суммарное энергетическое разрешение всей системы не хуже, чем у единичного кристалла, т.е. на уровне 8-10% по линии 0.662 мэВ (изотоп Cs¹³⁷). Диапазон регистрации спектра гамма-излучения 0,38 - 5.0 мэВ. Спектр гамма-излучения с дискретностью 10 кэВ регистрировался 1 раз в секунду. Оценка точности аэрогамма- спектрометрической съемки проводилась в точках пересечения рядовых и секущих маршрутов. Среднеквадратическая погрешность составила: К - ±0.1% (относительная погрешность 7%), Th- ±0.75 x10⁻⁴% (относительная погрешность 9%), U- ±0.14 x10⁻⁴% (относительная погрешность 11%), мощность дозы- ±0.91 мкР/час (относительная погрешность 8%). Оценка точности проведена по 1505 точкам.

Навигационное обеспечение работ осуществлялось с помощью специального программно-аппаратного комплекса «Лощман», разработанного в ФГУ НПП «Аэрогеофизика», который совмещает в себе систему активного вождения летательного аппарата, визуализации регистрируемых во время съёмочного полёта данных и их запись на жесткий диск бортового компьютера. Навигационный блок системы базируется на использовании спутникового навигационного приёмника «JPS-20» фирмы «Javad», США. Эта система позволяет вести одновременную работу со спутниками двух созвездий: «GPS» (США) и «ГЛОНАСС» (Россия). Система позволяет решать широкий спектр штурманских задач по планированию полёта, управлению режимами полёта и передаче необходимой навигационной информации пилоту и на регистрирующий компьютер. Для текущего контроля высоты полёта и соблюдения требований геологического задания по высотной привязке результатов наблюдений использовались данные радиовысотомера TRI-3000/TR-30. Среднеквадратическая погрешность определения местоположения вертолета в реальном времени составляла ±10-15 метров. После выполнения дифференциальной коррекции навигационных данных **точность ежесекундной привязки составила ± 0.5-1.5 метра.**

По результатам выполненных полевых работ были подготовлены в электронной форме (матрицы 25x25 м) и на бумаге в масштабе 1:25000 следующие **карты первичных полей и их трансформант**: Карта изолиний аномального

магнитного поля; Карта изолиний локальной составляющей аномального магнитного поля; Карты изолиний содержания калия, тория и урана; Карта изолиний относительных превышений модели рельефа местности.

Также на этой стадии (стадии формальной обработки аэроданных) была предпринята попытка (С.П. Бабаянц, В.М. Керцман) формального выделения локальных магнитных аномалий предположительно «трубчатого» типа. При моделировании аномалий трубчатой формы мы использовали два вида моделей: «большой» и «малой» трубки. Диаметр первой из них изменялся в пределах от 600 до 1000 м, второй - от 150 до 600 м. Всего было выделено 44 аномалии, отвечающие модели «большой» трубки и 410 аномалий, отвечающих модели «малой» трубки, т.е. всего 454 аномалии. К первоочередным из них отнесено 10 аномалий, к аномалиям 2-й очереди - еще 67 аномалий.

Методика общей (полной) и целевой (прогнозной) геологической интерпретации аэрогеофизических данных

В отличие от формальной геофизической обработки и интерпретации материалов аэросъемок, результаты которых описываются, как правило, в логико-семантических моделях свойств предполагаемых аномалообразующих источников, а также в вероятностно-статистических моделях, геологическая интерпретация данных предполагает описание этих явлений на общем языке геологии (литология, петрография, стратиграфия и т.д.). Для геологической интерпретации данных оказывается важна вся доступная априорная геологическая информация, данные о физических свойствах горных пород, точках фактических геологических наблюдений, элементах залегания и многое другое. В рамках описываемых работ можно выделить 4 последовательных этапа проведения исследований:

1. Этап разработки моделей объектов поисковых работ и уточнения задач интерпретационных исследований

Включал сбор, изучение, анализ и систематизацию априорных материалов по геологическому строению территории, физическим свойствам горных пород и руд района, общие сведения о промышленных типах коренных месторождений полезных ископаемых предусмотренных геологическим заданием, факторы их локализации и

промежуточные объекты поисков. Все материалы были введены в компьютер в форматах ГИС ArcView. Полученные данные, наряду с предварительным анализом карт физических полей и результатов их формального геофизического районирования, позволили разработать проект технологического регламента геолого-интерпретационных работ для последующих трех этапов исследований. В ходе реализации этих этапов технологический регламент дорабатывался и уточнялся.

2. Этап специализированной обработки аэроданных и их общей геофизической интерпретации

Проводился на с использованием новых или адаптированных известных технологий обработки и геофизической интерпретации данных аэросъемок. Основная задача - выделение или подчеркивание отдельных составляющих геофизических полей, связанных с теми или иными важными для картирования и поисков, геологических явлений.

Аэромагнитометрия. Для построения геолого-геофизической модели территории проводилось разложение (с помощью комплекса программного обеспечения "КОСКАД 3D"), наблюдаемого аномального магнитного поля на отдельные компоненты, связанные с разноглубинными или разномасштабными геологическими явлениями. В результате была выделена самая низкочастотная составляющая поля (Рис.1.А.), которая, как выяснилось при последующей

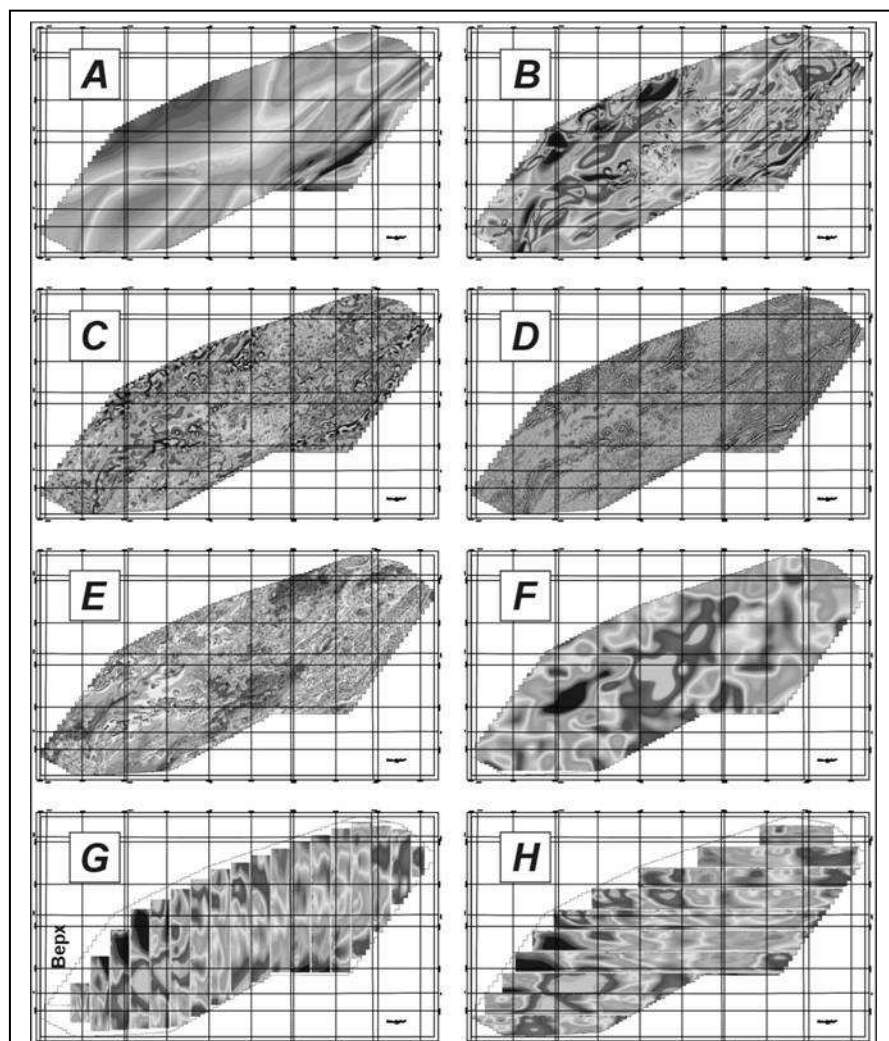


Рис. 1. Основные «рабочие» трансформанты, полученные по результатам выполненной аэромагнитной съемки

(пояснения в тексте)

геологической интерпретации данных, отчетливо фиксирует разделение площади на главные тектонические блоки (террейны) и отображает границы между ними на глубинах до 10 км. На среднечастотной компоненте магнитного поля (Рис.1.В) отчетливо прорисовались детали строения границ между отдельными террейнами, некоторые общие

структурные особенности этих блоков в диапазонах глубин примерно в первые км. На карте высокочастотной составляющей поля (Рис.1.С.) еще более детально проявились детали геологического строения территории, характеризующие диапазон глубин примерно до 1 км. И, наконец, на карте самой высокочастотной составляющей удалось наметить локальные вещественно-петрофизические неоднородности, соответствующие горным породам, выходящим непосредственно на уровень эрозионного среза (Рис.1.Д). Для более четкого картирования границ приповерхностных геологических тел была построена карта модуля горизонтального градиента поля (Рис.1.Е). Далее, для исследования наличия и особенностей поведения субгоризонтальных границ в разрезе территории с использованием пакета ROMGAS A.B. Трусовым были оценены глубины залегания т.н. «главной магнитоактивной поверхности» для территории (Рис.1.Ф), а также построены предполагаемые разрезы изменчивости петромагнитных свойств до глубин около 5 км (Рис. 1. G,Н). Для выделения и прослеживания весьма мало контрастных (первые единицы и доли нТл) линейных магнитных аномалий, которые как правило хорошо отображают внутреннюю структуру осадочных толщ (линии слоистости, разрывных нарушений и пр.) использовалась технология МИЛЛИГАН.

Также для исследования высокочастотной компоненты магнитного поля были задействованы несколько специальных технологий, направленных на выделение локальных мало контрастных аномалий магнитного поля, связанных с верхней частью разреза. Выделение локальных аномалий формально удовлетворяющих признакам аномалий от кимберлитового тела (по размеру и интенсивности) проводилось по двум взаимодополняющим технологиям, удовлетворительно зарекомендовавшим себя в прежней алмазопроисковой практике. Это технология выделения аномалий методом т.н. «стандарта фона» (В.М. Керцман) и технология КВОЛАН (В.Е. Могилевский).

Аэрогамма-спектрометрия. Проведено формальное радиогеохимическое районирование территории (технология DOMED и DOSTA) с выделением локальных и региональных радиогеохимических аномалий, отличающихся не только уровнями содержания радиоактивных элементов, но и характером их взаимной корреляции.

Использование перечисленных технологий обработки и геофизической интерпретации данных позволили провести построение многокомпонентной геофизической модели территории.

3. Этап общей геологической интерпретации данных и геофизических моделей с построением геолого-тектонической и других моделей строения территории.

Под общей геологической интерпретацией геофизических данных здесь понимается идентификация большинства выделенных аномальных и фоновых элементов физических полей в логико-семантической модели общего геологического языка без учета (на этом этапе) прогнозной задачи исследований. Включает в себя построение общей геолого-тектонической модели строения территории; радиогеохимическое районирование территории, с помощью алгоритма ландшафтно-геологической редукции данных аэрогамма-спектрометрической съемки; выявление и картирование проявления неотектонических процессов в современном рельефе на основе цифровой модели рельефа местности.

Построение геолого-тектонической модели территории осуществлялось с использованием всех обозначенных выше трансформант измеренных полей, а также, как уже отмечалось, всех, оказавшихся доступными априорных данных. На момент начала составления геолого-геофизической модели строения территории по результатам аэрогеофизической съемки имелись следующие основные комплекты геолого-геофизической информации в единичных электронных форматах:

- Геологический комплект - карты масштаба 1:50 000 коренных пород, четвертичных отложений, фактических геологических материалов, геоморфологическая;
- Геофизический комплект по данным аэромагнитной съемки - карты всех необходимых трансформант для картирования верхней части разреза территории и ее глубинного строения;
- Геофизический комплект по данным аэрогамма-спектрометрической съемки - исходные карты содержаний радиоактивных элементов в самой верхней части геологического разреза территории, схемы формального геофизического районирования этих данных, их ландшафтно-геологической редукции, формального районирования после редукции.
- Топографический комплект по данным аэросъемки в виде цифровой модели рельефа местности.

Составление сводной геолого-геофизической модели строения территории выполнялось в следующей последовательности: первичное изучение данных; предварительное разбиение на условно однородные структурно-вещественно-петрофизические области (Рис.2.); изучение внутреннего строения этих областей с выработкой соответствующих области условных обозначений; картирование областей и доработка легенды; геолого-тектоническая интерпретация выделенных областей.

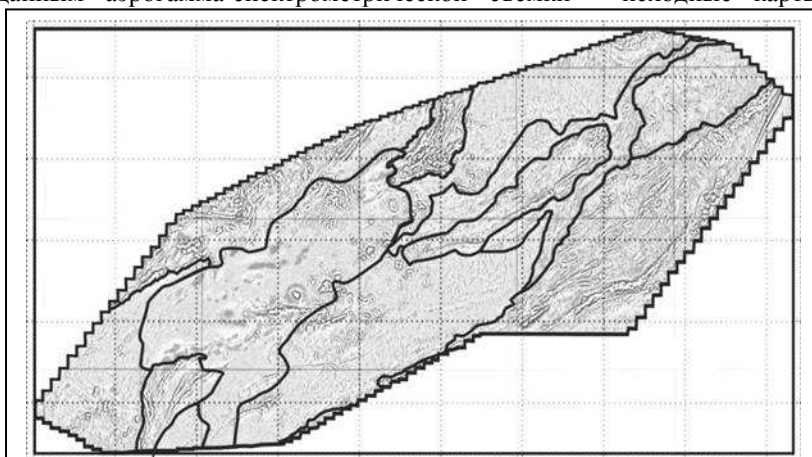


Рис. 2. Разделение территории работ на отдельные структурно-вещественно-петрофизические области (черные линии) на фоне карты самой высокочастотной составляющей магнитного поля (оттенки серого)

В завершении общей геологической интерпретации предпринята попытка рассмотрения выделенных структур на фоне общей региональной тектонической делимости территории Приморского края - геолого-тектоническая

интерпретация выделенных областей. Для этого были использованы современные представления о тектонической структуре всего этого региона.

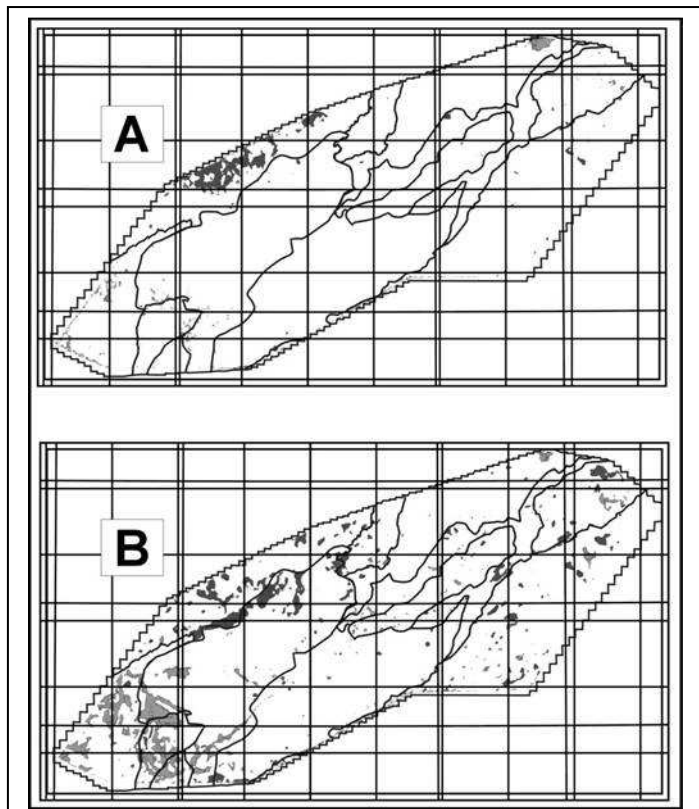


Рис. 3. Радиогеохимические ореолы калиевой (темно-серое) и ториевой (серое) специализации до (А) и после (В) ландшафтно-геологической редукции

Проводилось по цифровой модели современного дневного рельефа местности (Рис.4. верх), полученной в ходе выполнения аэрогео-физической съемки, с использованием известных алгоритмов. Вначале по этой модели была построена т.н. поливершинная поверхность, как некоторая поверхность, плавно обтекающая вершины рельефа. Затем строилась полибазисная поверхность по точкам соответствующим определенным порядкам базиса эрозии. И, наконец, вычислялся коэффициент корреляции между этими поверхностями (Рис. 4. низ). Отклонение от значений полученного параметра в отрицательную сторону указывает обычно на наличие в пределах соответствующего фрагмента площади отчетливой проявленности неотектонических процессов.

4. Этап целевой (прогнозной) геологической интерпретации на алмазы и др. полезные ископаемые

Включал в себя специальную, целевую переработку всей полученной на предыдущих этапах информации в термины и понятия, связанные с прогнозированием конкретных поисковых объектов: предпосылки поискового прогнозирования, поисковые признаки, ландшафтно-геологические условия ведения поисков, промежуточные и конечные объекты поисковых работ, площади и участки перспективные на обнаружение поисковых объектов.

Для каждого из видов полезного ископаемого система преобразования исходной информации в прогнозную имела свой специфический вид, т.е. представляла собой специальную, целевую прогнозную технологию.

Радиогеохимическое районирование территории, на основе алгоритма ландшафтно-геологической редукции данных аэрогамма-спектрометрической съемки. Проводилось с использованием технологии ландшафтно-геологической редукции, разработанной в ГНПП «Аэрогеофизика». В ее основу положены общие представления об основных ландшафтно-геологических закономерностях формирования фонового уровня спектральных составляющих гамма-поля. Эта технология включала в себя следующую последовательность основных шагов: определение для района основных фонообразующих ландшафтно-геологических факторов; разработка легенды и подготовка ландшафтно-геологической основы для территории; проведение фоновых выборов для каждого встреченного сочетания ландшафтно-геологических факторов; обработка фоновых выборок с определением для каждой из них своего фонового значения для Th, U, K и стандартного отклонения; редукция наблюдаемых значений поля с учетом параметров фона для конкретных ландшафтов.

В результате реализации описанной технологии удалось весьма существенно снизить уровень помех, связанных с вариациями фоновой ландшафтно-геологической среды, и на этом фоне выделить и оконтурить мало контрастные (в исходных полях) радиогеохимические ореолы ториевой и калиевой специализации (Рис.3.).

Выявление и картирование проявления неотектонических процессов в современном рельефе на основе цифровой модели рельефа местности.

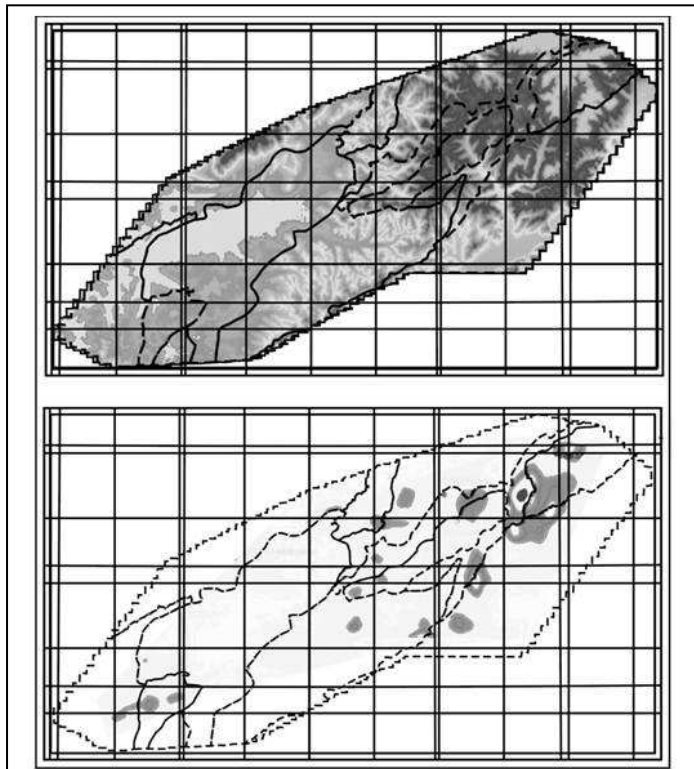


Рис. 4. Цифровая модель современного рельефа местности (верх) и участки отчетливого проявления неотектонических процессов (низ)

Результаты работ

Представлены в отчете по исследованной территории в виде двух разделов. Первый из них посвящен описанию новой геолого-тектонической модели района работ, во втором описаны результаты прогнозирования по аэрогеофизическим данным на алмазы, золото и другие полезные ископаемые.

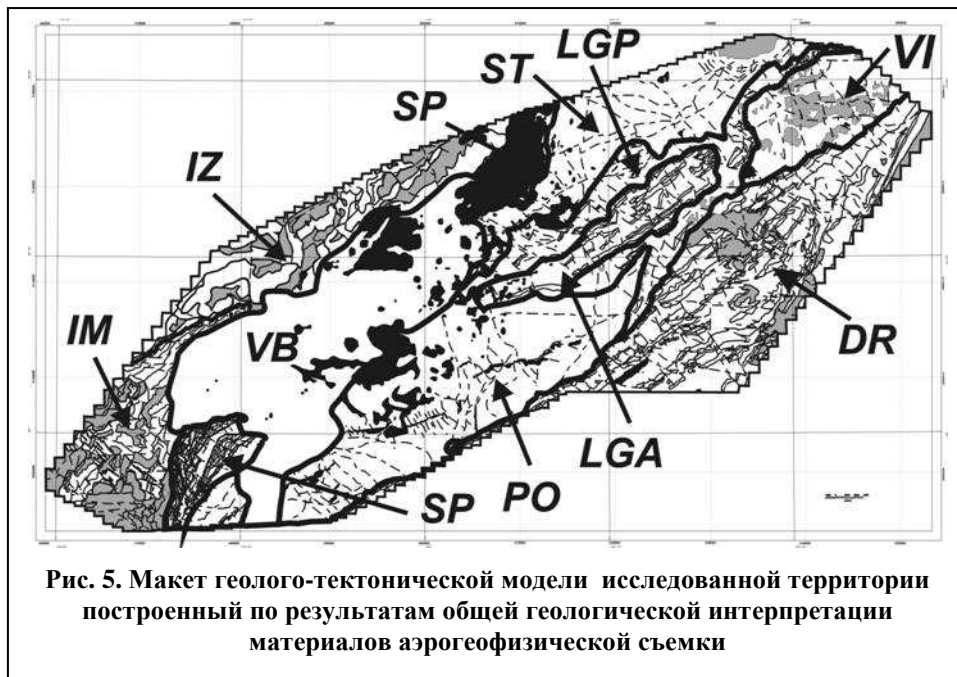


Рис. 5. Макет геолого-тектонической модели исследованной территории построенный по результатам общей геологической интерпретации материалов аэрогеофизической съемки

ковского (VL), Лево-Голубицкого (аллахтон – LGA и паравтохтон LGP), Ситухинского (ST) и Предокского (PO). И это территория шовной зоны между дофанерозойскими на западе и позднепалеозойско-мезозойскими террейнами на востоке: Сольдинско-Пирамиденская (SP) и Верхне-Бейцухейская (VB) структурно-вещественно-петрофизические области (далее СВПО).

Геолого-тектоническое строение **области молодой фанерозойской складчатости** может быть описано как сложно построенное сооружение из двух крупных тектонических блоков, из которых юго-восточный (Дальнереченская, Лево-Голубицкая и Верхне-Лютинковская СВПО) надвинут на более западный (Ситухинская и Предокская СВПО). Тектонический контакт между областями имеет надвиговую природу. Отмечается ундуляция поверхности сместителя: местами ее падение имеет юго-восточное направление, местами эта поверхность субгоризонтальна, а местами (в зоне перехода к Лево-Голубицким паравтохтону и аллахтону) падение сместителя прорисовывается в северо-западных румбах. Стратифицированные комплексы юго-восточной пластины сложены мощными пачками переслаивания осадочных и вулканогенных пород. Первые из них представлены преимущественно алевролитами, реже песчаниками и кремнистыми породами, иногда включают линзы известняковых брекчий, вторые – это порфириды, габбро-базальты, андезиты - в виде лавовых и туфолавовых толщ. Выделяются части разреза с явным преобладанием осадочной составляющей и пачки с резким преобладанием вулканитов. Геохронологическая позиция стратифицированных образований не вполне однозначна. Не исключено, что их разрез представлен обвальными оползневыми микститами (олистостромами), характеризующимися верхнепалеозойским возрастом внутренних блоков и среднеюрским возрастом матрикса. Из магматических образований в юго-восточной пластине установлено также развитие доскладчатых (пироксениты) и постскладчатых меловых (монодиориты, диориты, гранодиориты, граниты) интрузивных фаз.

Вещественный состав стратифицированных образований тектонического блока, объединяющего Ситухинскую и Предокскую СВПО характеризуется явным преобладанием в разрезе осадочных комплексов: алевролитов, песчаников, кремнистых пород, реже гравелитов. Развитие интрузивных пород в блоке достаточно ограничено. Здесь в небольшом количестве откартированы малые тела и дайки долеритов предположительно нижнемелового возраста. Также на самом северо-востоке территории встречен крупный массив лейкократовых постколлизийных гранитов и гранит-порфиров мелового возраста.

Общий структурный план области фанерозойской складчатости хорошо просматривается из сопоставления элементов залегания горных пород, полученных при проведении геологических съемок и осевых линий син- и антиформ, развитых в пределах этих областей, откартированных по аэромагнитометрическим данным. Здесь обнаруживается явное преобладание складчатых структур с ВСВ простираем осей. Разрывные нарушения внутри мегаструктуры хорошо согласуются с направлениями ортогональными простираем осей складчатых форм, либо параллельными с главными надвиговыми швами. Общая структурная и пространственная позиция описанных областей соответствует площади, выделяемого на тектонических картах Дальнего Востока (1) Самаркинского террейна с позднепалеозойским-раннемезозойским возрастом слагающих образований.

Измайлинская и Иманская СВПО относятся, в соответствии с существующим тектоническим районированием Дальнего Востока (1), к крупному Матвеевско-Нахимовскому террейну, образование которого связывается с **байкальской эпохой тектонических дислокаций**. По материалам А.Б. Кирмасова здесь известны определения

1. Геолого-тектоническая модель Незаметнинской лицензионной площади.

По результатам геологической интерпретации материалов детальной высокоточной комплексной аэрогеофизической съемки удалось разделить исследованную территорию на три основные части (Рис.5.). Это территория древнего (дофанерозойского) Ханкайского массива, состоящая из Измайлинской (IZ) и Иманской (IM) структурно-вещественно-петрофизических областей. Это территория фанерозойских террейнов: Дальнереченского (DR), Верхне-Лютин-

абсолютного возраста пород для метаморфических толщ нахимовской свиты (Rb-Sr), которые показывают значение 1517 млн. лет. Для постколлизийных гранитоидов Rb-Sr датировки показывают значение - 984 млн. лет.

В пределах северной - Измайлинской области устанавливается три структурных яруса. Выходы образований нижнего яруса (фундамента) установлены и откартированы в самой западной части. Это позднепротерозойские метаморфические комплексы, представленные доломитовой и сланцевой толщами, прорванные позднепротерозойскими гранитоидами. Образования второго структурного яруса зафиксированы на самом восточном крае Измайлинской области. Это пермские слоистые кремни, массивные кремнисто-глинистые породы, базальты, песчаники, алевролиты, туфолавы дацитов, лавы андезитов, туфоалевролиты. Стратифицированные толщи второго яруса погружаются в восточном направлении, местами они интродуцированы породами основного состава. Третий структурный ярус Измайлинской области представляет собой сложный внутриплитный комплекс меловых осадочных, вулканогенных и интрузивных образований, закрывающих практически непрерывным чехлом около 60% территории области. Это стратифицированные (редко осадочные породы с небольшой примесью туффитов, чаще туффиты, туфы и туфолавы дацитов, андезитов, туфолавы риолитов), экструзивные и интрузивные породы (дациты, андезиты, риолиты и риодациты, гранит-порфиры).

Юго-западная - Иманская СВПО на площади исследований (поверхности эрозионного среза) представлена образованиями двух структурных ярусов, которые относятся также к внутриплитному комплексу. Здесь выделяются образования т.н. послепермской свиты, которая по данным одних исследователей датируется нижним и верхним отделом перми. На соседних листах эти образования связываются с верхним отделом триасовой системы. По составу в низах разреза это песчаники, алевролиты, аргиллиты, часто с примесью туфов кислого состава, туффиты кислого состава и реже основного состава. Выше в разрезе яруса это риолиты, дациты и риодациты с отнесением к т.н. риолитовой толще верхнего отдела пермской системы. Также, достаточно согласовано с общей структурой области, по аэромагнитным данным откартированы экструзии риолитов комплекса верхнепермских интрузивных и экструзивных образований (новокрещенский вулcano-плутонический комплекс). Второй структурный ярус на территории СВПО представлен только интрузивными образованиями. Это меловые граниты и дайки пород основного, реже среднего состава. Последние подразделены на геолого-геофизической модели территории на два комплекса. Дайки первого из них имеют северо-западное простирание: габбро, габбро-долериты, габбро-диориты, диабазы, возможно и андезиты и дациты. Второй комплекс даек проявлен в магнитном поле несколько менее контрастно и характеризуется субмеридиональным простиранием. Разрывные нарушения в пределах Иманской СВПО имеют, как правило, субширотное или северо-западное простирание.

Особый интерес, как в отношении тектонического районирования, так и в отношении оценки перспектив промышленной алмазоносности, имеет **территория, расположенная вдоль границы между Самаркинским и Матвеевско-Нахимовским террейнами**. По результатам интерпретации аэроданных здесь выделены две структурно-вещественно-петрофизические области: Сольдинско-Пирамидненская и Верхне-Бейцухейская. Но, как оказалось, при совместном анализе всей совокупности данных, обозначенная пограничная зона между террейнами, может рассматриваться, как единая шовная область, характеризующаяся многоярусным геолого-тектоническим строением. Снизу в пределах шовной области выделяются образования нижнего - дофанерозойского структурного яруса - породы и разрезы пассивной континентальной окраины, на которые надвинуты образования среднего - палеозойского структурного яруса. И на этом фоне, в центральной части области откартирована кайнозойская наложенная тектоническая (грабенообразная) депрессия. Вдоль всей шовной области развиты молодые палеогеновые щелочные базальтоиды.

При обозначенных вещественных и тектонических позициях, территория шовной области может рассматриваться как офиолитовая сутура между палеоконтинентом и океаническими террейнами, граница между которыми определилась в мезозое, но и которая остается активной даже в кайнозойскую эру.

2. Оценка перспектив промышленной алмазоносности, прогнозные рекомендации

Результаты целевой (прогнозной) интерпретации аэрогеофизических данных представлены в работе в виде «Схемы прогнозных факторов на коренные источники алмазов» в масштабе 1:50 000. На этой схеме нашли отражение разномасштабные предпосылки и признаки поискового прогнозирования коренных промышленных типов алмазоносных объектов, факторы, влияющие на эффективность - надежность поисков, прогнозные рекомендации, намеченные по результатам исследований.

Из **предпосылок поискового прогнозирования** на прогнозной схеме отображены: региональные и локальные тектонические и геохронологические факторы. *Тектонические региональные предпосылки*, показаны путем деления изученной площади на два основных блока (Рис.6.). Это предполагаемая территория Ханкайского массива, которая включает в себя структурно-вещественно-петрофизические области: Измайлинскую, Иманскую (фрагменты Матвеевско-

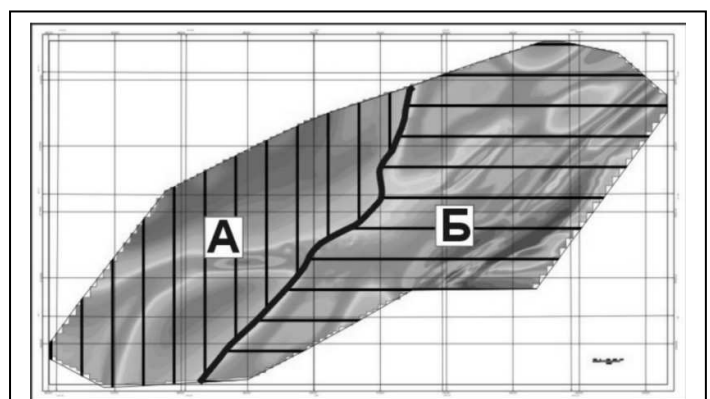


Рис. 6. К оценке региональных тектонических факторов прогноза алмазоносности (А - Ханкайский древний массив, Б - область молодой фанерозойской складчатости)

Нахимовского террейна), Сольдинско-Пирамиднинскую (аллахтон на Матвеевско-Нахимовском террейне), Верхне-Бейцухейскую (краевая впадина в пограничной зоне массива). И это территория молодой фанерозойской складчатости: Дальнереченский, Верхне-Лютинковский, Лево-Голубицкий и Ситухинско-Предокский террейны.

Для первого из них, в связи с предполагаемым байкальским возрастом консолидации перспективы алмазонасности весьма и весьма ограничены (и связаны не столько с заверкой аэроаномалий, сколько с уточнением возраста консолидации этой части Ханкайского массива), для второго – исключены.

Следующим тектоническим фактором поискового прогнозирования на площади показан контур небольшого пликативного поднятия. Выделена при анализе построенной геолого-тектонической модели субизометричная, относительно малоамплитудная положительная пликативная структура, как возможное отражение в геологических явлениях - *поля проявления глубинного магматизма*.

И, наконец, из локальных тектонических факторов поискового прогнозирования на схеме показаны тектонические нарушения, которые удалось откартировать в процессе общей геологической интерпретации аэрогеофизических данных. Ожидается, что эти нарушения могут иметь существенное влияние на пространственные закономерности распределения по площади глубинных магматитов.

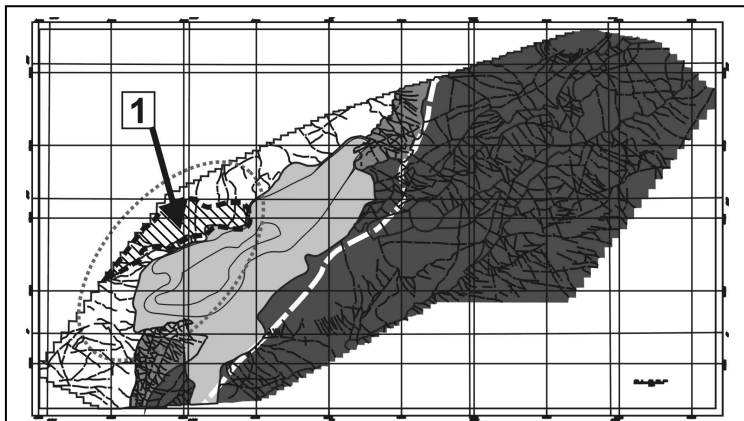


Рис. 7. Совокупность предпосылок поискового прогнозирования (1 – участок, наиболее благоприятный для локализации алмазонасных глубинных магматитов)

магнитометрические и радиогеохимические аномалии – косвенные поисковые признаки глубинных, потенциально алмазонасных магматитов.

Магнитометрические косвенные признаки представлены локальными магнитными аномалиями, выделенными с использованием алгоритмов КЕРЦМАНА. Для них не проводилась какая-либо особая классификация, т.к. они, как это следует из приведенных выше данных, сами являются результатом достаточно тщательной проработки аномального магнитного поля и могут рассматриваться как объекты-индикаторы полей и кустов трубок.

Не останавливаясь подробно на вопросах надежности (2) выделения магнитометрических аномалий от кимберлитовых тел, отметим здесь три важных фактора, влияющих среди прочих на эффективность алмазописковой аэромагнитометрии. Два из них связаны с отказами ландшафтно-геологического типа при поисках, и один – с отказами геолого-интерпретационного типа. На площади проведенных исследований устанавливается минимум два природных ландшафтно-геологических фактора, снижающих эффективность аэромагнитометрии. Это повышенная дифференциация магнитного поля на площадях распространения эффузивных и интрузивных пород, как правило, основного состава. И это повышенная мощность кайнозойских образований, захороняющих возможные алмазонасные магматиты.

Для оценки влияния первого из этих факторов – повышенной дифференциации локальной составляющей – на возможность выделения малококонтрастных магнитных аномалий, по площади работ в окне 3x3 км было рассчитано стандартное отклонение для высокочастотной составляющей поля. Результаты этих оценок иллюстрируются рисунком 8.

Здесь белым показана часть территории, характеризующаяся средней величиной стандарта около 0,35 нТл. Следовательно, в ее пределах могут быть зафиксированы все кимберлитовые тела, локальные аномалии от которых превышают 1 нТл. Светло серым на рисунке обозначены области со стандартом в первые нТл – доступные для выделения аномалий от трубок интенсивностью свыше 10 нТл. И, наконец, темно серым показаны области со стандартом в первые десятки нТл. В пределах последних реально выделение локальных аномалий от 50 и выше нТл.

Геохронологические поисковые предпосылки нашли свое отражение в виде обобщенных контуров выхода на эрозионную поверхность дофанерозойских толщ. Предполагается, что только в этих контурах возможна для всей Ханкайской части территории локализация глубинных магматитов из глубинных очагов незатронутых фанерозойскими процессами тектоно-магматической активизации. Т.е. если байкальские датировки консолидации основания массива будут как-то удревнены, то только в обозначенном на схеме «геохронологическом» контуре или в непосредственной близости от него возможно обнаружение реально алмазонасных древних магматитов.

Из признаков поискового прогнозирования на карту прогнозных факторов вынесены



Рис. 8. Районирование территории по интенсивности эффекта статистического экранирования сигнала от объекта трубчатой формы (белое – область наиболее благоприятная для поисков)

Районирование территории по глубине возможного залегания верхней кромки аномалообразующих объектов докайнозойского возраста проведено в процессе общей геологической интерпретации аэроданных. В основном оно имеет значение для территории Верхне-Бейцухейской СВПО. В ее пределах выделены фрагменты, характеризующиеся мощностью кайнозойских образований в десятки, первые сотни и многие сотни метров.

Для минимизации влияния ошибочных решений при геологической идентификации локальных аномалий на

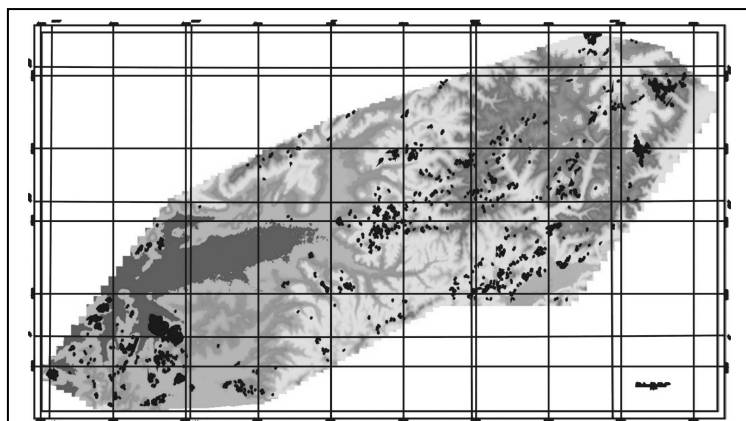


Рис. 9. Косвенные радиогеохимические признаки локализации магматитов (черное) на фоне рельефа современной дневной поверхности (оттенки серого).

карту также вынесены границы между вещественно-петрофизическими образованиями, закартированными по данным аэрогеофизической съемки на этапе общей геологической интерпретации. Для каждого контура очерченного этими границами и линиями предполагаемых разрывных нарушений поставлен соответствующий индекс, характеризующий вещественную природу образований в контуре и их стратиграфическую позицию.

Радиогеохимические косвенные признаки иллюстрируются рисунком 9. Здесь отчетливо видно, что радиогеохимические ореолы ториевой специализации образуют на площади исследований некоторые группы, скопления, ассоциации, большая часть из которых пространственно связывается с определенными

структурно-вещественными областями. При этом для одних из них наличие таких ореолов оказывается достаточно ординарным явлением, а для других отмечается их эпизодическое проявление.

Не останавливаясь на природе таких аномалий, пространственно тяготеющих к молодым мезозойским структурам, обратим внимание на факт, что и в пределах древних «Ханкайских» структур, они весьма распространены. А часть из них непосредственно совпадает или расположено вблизи с локальными магнитными аномалиями, предполагаемого трубчатого типа. Соответственно, обозначенные радиогеохимические ореолы ториевой специализации также показаны на карте прогнозных факторов.

При классификации выделенных магнитных аномалий с позиций целесообразности и очередности их заверки наземными геолого-геофизическими работами была учтена вся совокупность их внутренних (интенсивность, размеры, контрастность, наличие сопряженного минимума) и внешних (провинция, субпровинция, поле, геохронология, сопряженность с радиогеохимическим ореолами ториевой специализации, вероятность альтернативного истолкования) факторов. В результате удалось построить соответствующую классификацию локальных магнитных аномалий.

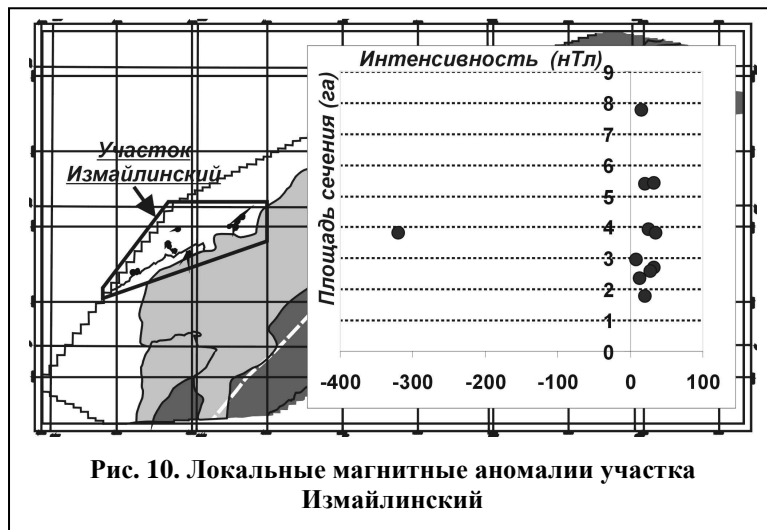


Рис. 10. Локальные магнитные аномалии участка Измайлинский

Основные прогнозные рекомендации сводятся, прежде всего, не к заверке локальных аномалий, выделенных по результатам аэромагнитной съемки, а к уточнению возраста консолидации кристаллического фундамента восточной части Ханкайского массива (Матвеевско-Нахимовского террейна). И только в случае установления для него более древнего, чем байкальского возраста, представляется целесообразным переход к наземным заверочным работам.

Таблица 1. Аномалии 1-ой очереди участка Измайлинский			
№	Интенсивность (нТл)	Интенсивность в стандартах фона	Глубина (м) до верхней кромки
22	24.5	3	40
23	12.6	1.4	40
24	20.0	2.5	20
27	33.0	8.5	35
58	15.8	6	89

Тогда локальными магнитными аномалиями **первой очереди** (после проведения уточнения возраста фундамента массива) будут аномалии, объединенные в контур участка, обозначенного в прогнозной главе исследования, как Измайлинский (Рис. 10). В пределах него выделено 11 локальных магнитных аномалий, из которых для первой

очередной заверки рекомендованы 5. Определены пространственные позиции этих аномалий, могут быть обозначены оптимальные технологии их наземной заверки. В таблице №1 приведены главные характеристики первоочередных аномалий. В случае получения при заверочных работах положительных геологических результатов, целесообразно расширить заверочные работы на остальные аномалии участка. И, если в этом случае также будут вскрыты глубинные магматиты кимберлитовой или лампроитовой природы, то в контурах участка целесообразно проводить исследования по локальным магнитным аномалиям, выделенным по технологии КВОЛАН.

Кроме первоочередных аномалий выделены локальные второй очереди аномалии трубчатого типа в пределах выходов фанерозойских толщ в контурах Ханкайского массива.

Аналогичным образом были построены прогнозные модели для локализации месторождений золота, вольфрама, олова, драгоценных камней. Дополнительно к ранее предполагаемым здесь видам полезных ископаемых, обозначены также перспективы территории на углеводороды. Во всех случаях для локализации перспективных участков и аномалий решающее значение оказалось связано с результатами общей геологической интерпретации аэроданных.

:

1. Врублевский А.А. Особенности тектоники и минерации Востока России. Часть I: дислокации и минерации. Владивосток. Дальнаука, 2000. 219с.

2. Цыганов В.А. Надежность геолого-поисковых систем. - М.: Недра, 1994.299 с.

Опубликовано:

Методика и Результаты аэрогеофизических алмазопроисковых работ в Приморском крае. В сб. «Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века». Воронеж. 2003.