

Гильманова Г.З.¹, Носырев М.Ю.¹, Диденко А.Н.^{1,2}



1. *Институт Тектоники и Геофизики ДВО РАН,*
2. *Геологический институт РАН*



Выделение линейных и кольцевых структур золотоносных площадей северной части Западно-Сихотэ-Алиньской металлогенической зоны на основе анализа ЦМР

Двадцать третья международная конференция
“Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса”
10-14 ноября 2025 г.



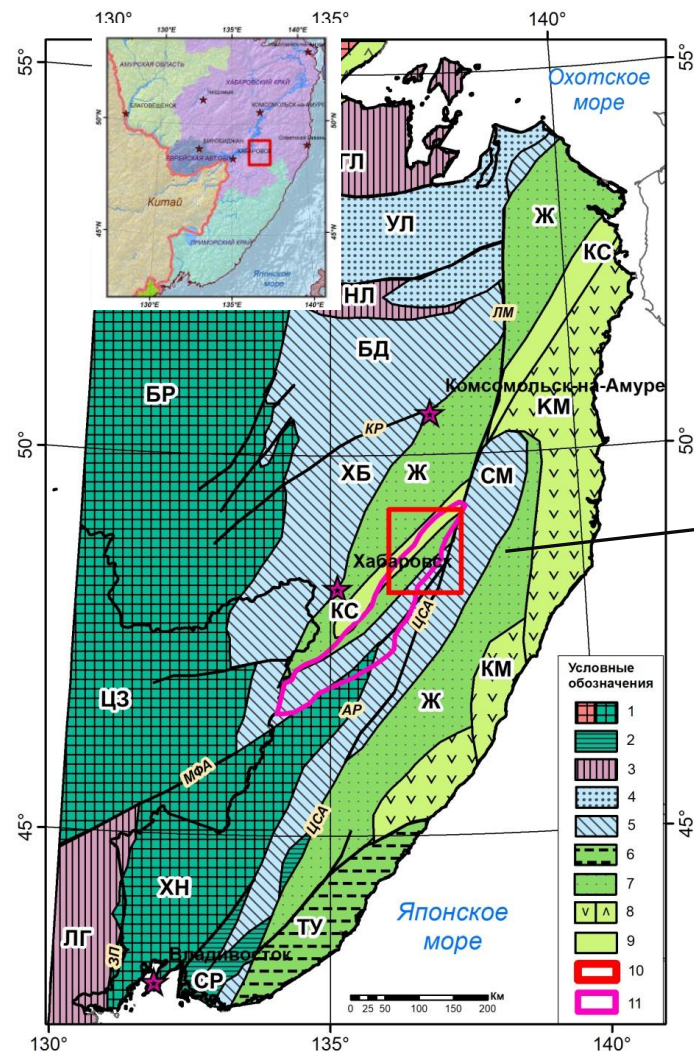
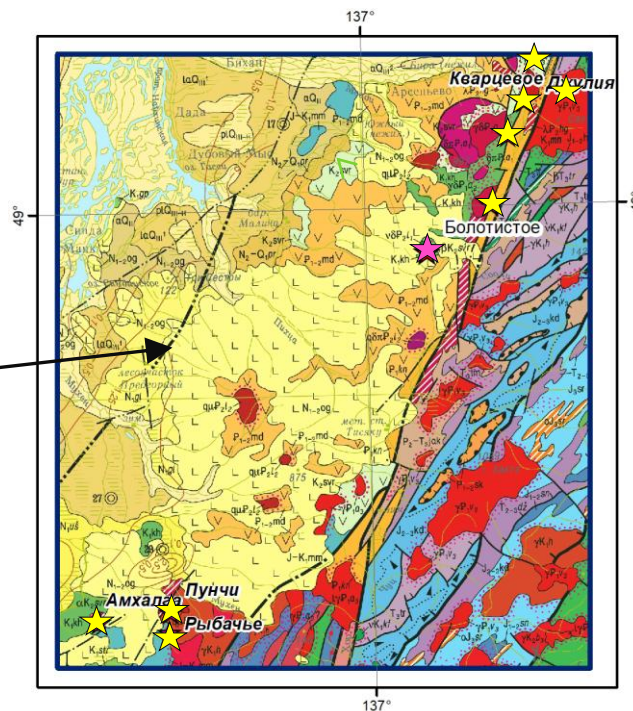


Схема террейнов Сихотэ-Алиня и прилегающих территорий
[Геодинамика..., 2006; Khanchuk, Kemkin, 2015]

Расположение площади исследований



Фрагмент геологической карты М53
масштаба 1:1000000,
третье поколение

Изучаемая площадь характеризуется сложной тектонической позицией. Ее восточная часть принадлежит Самаркинскому террейну юрской аккреционной призмы, западная часть, где фиксируются многочисленные выходы маноминской свиты выделяется как фрагмент Киселевско-Маноминского террейна, центральная часть в пределах узкой полосы сложена осадками, относящимися к Журавлевско-Амурскому турбидитовому террейну [1]. Площадь ограничена глубинными разломами: в восточной части Центральным Сихотэ-Алиньским, с запада – Маноминским.

Здесь широко развиты образования позднемелового-палеогенового магматизма, выделяются вулканогенные структуры (**северянский, моадийский вулканические комплексы**), отдельные палеогеновые интрузии (**аванский, левотормасинский комплексы**), представленные в основном диоритами, монцонитами, на заключительных стадиях лейкогранитами.

Эти образования занимают большую площадь и объединяются в Мухен-Ануйскую вулcano-тектоническую структуру [3].

С палеогеновыми интрузиями и вулканитами, в пределах САОП на ряде площадей связана золотая минерализация.

Значительная часть территории перекрыта неогеновыми базальтами **острогорского комплекса**, которые на изучаемой площади имеют относительно небольшую мощность от первых десятков до 100 м [4].

1. Докембрийские (Сибирский кратон-СБ) и раннепалеозойские супертеррейны (БР-Буреинский, ЦЗ-Цзямусы, ХН-Ханкайский)

2. Фрагмент террейна раннепалеозойской континентальной окраины. (СР-Сергеевский).

3. Террейны пермско-триасовых аккреционных призм (ДК-Джагды-Кербинский, НЛ-Ниланский, ГЛ-Галамский, ЛГ-Лаоелин-Гродековский)

4. Террейны юрских турбидитовых бассейнов (УЛ- Ульбанский и Унья-Бомский)

5. Террейны юрской аккреционной призмы (СМ-Самаркинский, НБ-Неданхада-Бикинский, ХБ-Хабаровский, БД-Баджалский)

6. Террейн юрско-раннемеловой аккреционной призмы (ТУ-Таухинский)

7. Раннемеловые турбидитовые бассейны (Ж-Журавлевско-Амурский)

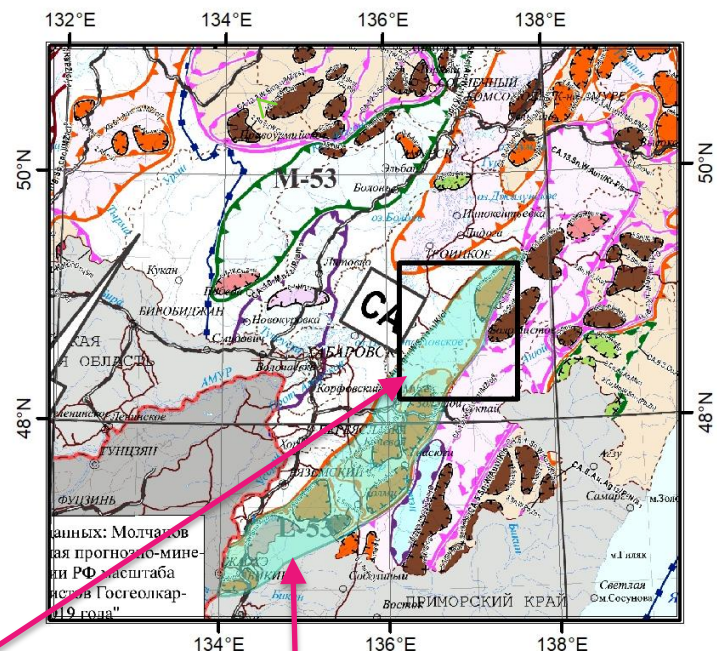
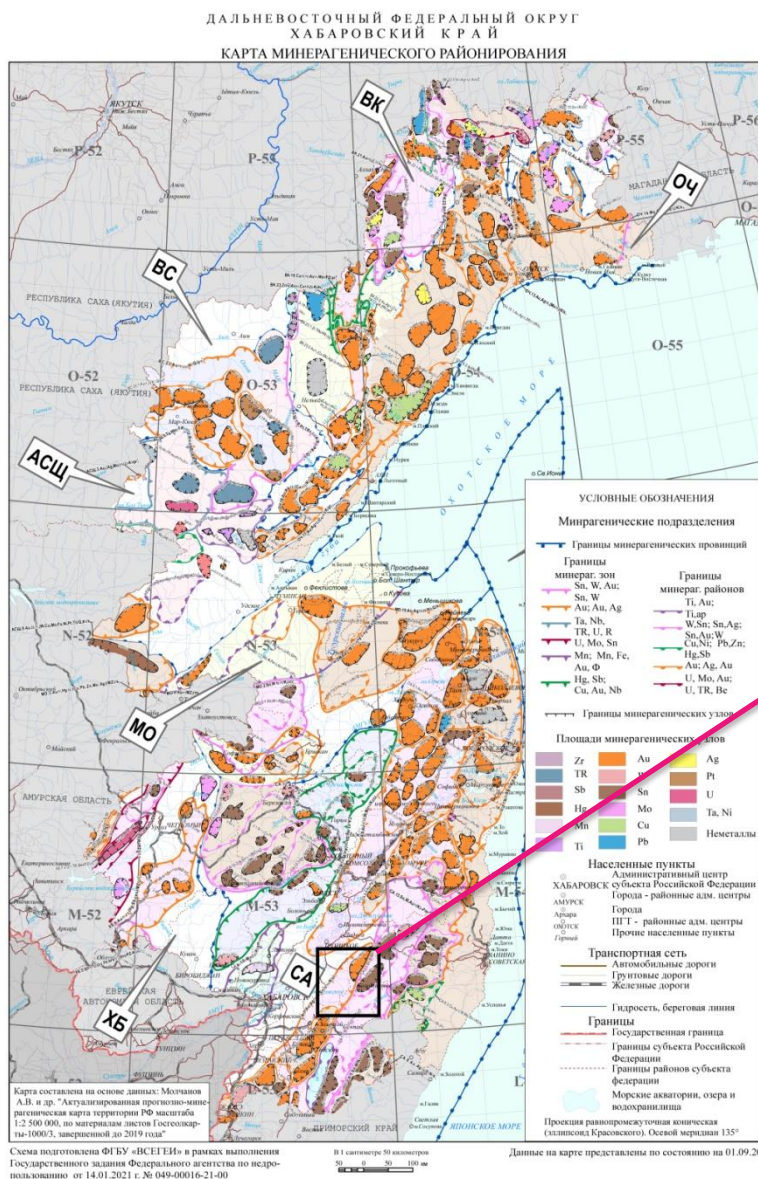
8. Террейны раннемеловой островной дуги (КМ-Кемский УД-Удский)

9. Террейн раннемеловой аккреционной призмы (КС-Киселевско-Маноминский)

10. Площадь исследований

11. Контур Западно-Сихотэ-Алиньской металлогенической зоны

Карта минерагенического районирования Хабаровского края



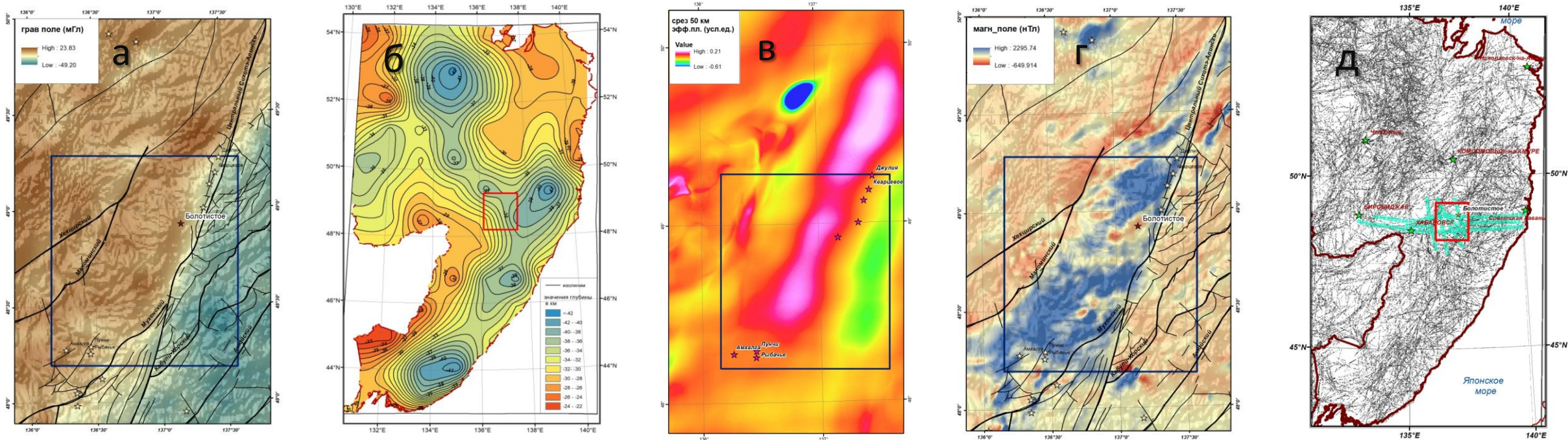
Западно-Сихотэ-Алиньская Металлогеническая зона

В металлогеническом отношении площадь исследований охватывает северную часть Западно-Сихотэ-Алиньской металлогенической зоны (ЗСАМЗ).

Площадь золотоносна, здесь в эрозионном окне известно месторождение коренного золота Болотистое, к северу от него расположены проявления коренного золота Джулия и Кварцевое, ряд пунктов минерализации, россыпей золота, которые объединяются в Сооли-Тормасинский золото-россыпной узел. Южнее на расстоянии 90 км известны проявления золота Пунчи, Рыбачье, Амхалга и др. Но вся большая территория между ними покрыта неогеновыми базальтами, что создает впечатление отсутствия здесь перспектив коренной золотоносности.

Однако ряд региональных критериев, которые мы рассмотрим далее, все же позволяет предположить наличие месторождений коренного золота и этой части площади.

Глубинные региональные рудоконтролирующие факторы золоторудной минерализации.



- а – карта гравитационного поля в редукции Буге (геофизическая основа геологических карт масштаба 1:1000000 третьего поколения); б - карта поверхности Мохо по данным (Didenko et al., 2021); в - плотностной срез на глубине 50 км; в - плотностной срез на глубине 50 км; г- результаты плотностного моделирования (программном комплексе КОСКАД [Петров и др, 2018]); г - карта модуля полного вектора магнитного поля (геофизическая основа геологических карт масштаба 1:1000000 третьего поколения); д- региональные линеаменты, рассчитанные по программе Winlessa. Зеленым цветом показаны протяженные субширотные и субмеридиональные линеаментные зоны.

Большая часть золоторудных районов и узлов контролируется **зонами повышенного горизонтального градиента поля силы тяжести**, имеющими большую протяженность, ширину в десятки километров и перепад значений поля силы тяжести в десятки мГл. Как правило, морфология данных зон в пределах районов осложнена [Носырев и др, 2023]. Имеющийся материал регионального масштаба, позволяет выделить объекты уровня рудного узла.

Краевые части поднятий кровли мантии, **участки осложнения морфологии границы Мохо** (уступы, желоба, гребни) к которым тяготеют рудные районы.

Петроплотностные границы в мантии. Рудные районы часто располагаются вблизи контрастных зон пониженной и повышенной плотности в мантии.

Наличие в контуре золоторудных районов **крупных магнитных аномалий глубинной природы** размерами в поперечнике до 50 и более км, которые могут отражать крупные магнитные магматические тела на глубинах 10-20км.

Площадь находится в зоне влияния **крупнейших разломов САОП (ЦСАР и Маноминского), имеющих СВ ориентировку, и пересекающих его серии широтных разломов**, часть которых отвечает ранее выделявшимся «сквозным протяженным рудоконцентрирующим структурам» [Глобальные закономерности... 1974].

Задачи и методы исследований

Таким образом, по глубинным геофизическим параметрам изучаемая площадь, отвечает потенциальному золоторудному району, и, следовательно, нуждается в соответствующем изучении.

Как уже было сказано, значительная часть площади перекрыта миоценовыми базальтами. При этом интерпретация магнитного поля с целью выделения возможных золотоносных структур ранга рудное поле –месторождение затруднена в связи со специфическим его характером над базальтовыми покровами, имеющиеся гравиметрические данные не могут дать необходимой детальности и эффективны на уровне выделения золоторудных узлов. Поэтому было принято решение опробовать возможности анализа рельефа в данных условиях.

Задача данной работы - на основе расчетов трансформант и статистических характеристик, провести анализ цифровой модели рельефа (SRTM03), северной части Западно-Сихотэ-Алиньской металлогенической зоны, с целью определения потенциально перспективных для выявления новых месторождений золота площадей, сопоставление полученных результатов с данными геофизического моделирования.

В комплексные исследования входили:

- 1) обработка цифровой модели рельефа (SRTM03-Shuttle Radar Topographic Mission), с выделением линейных, и кольцевых структур, с использованием методов, разработанных в ИТиГ ДВО РАН [Рыбас, Гильманова, 2019] и модулей программной среды ArcGis;*
- 2) статистический анализ по программе Winlessa [Zlatopolsky, 1997].*

Эталонный объект - месторождение Болотистое

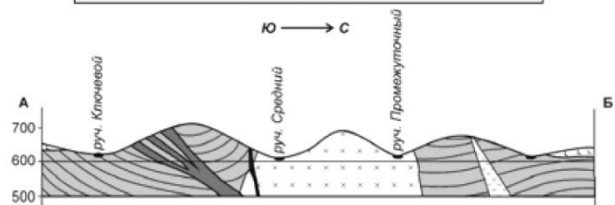
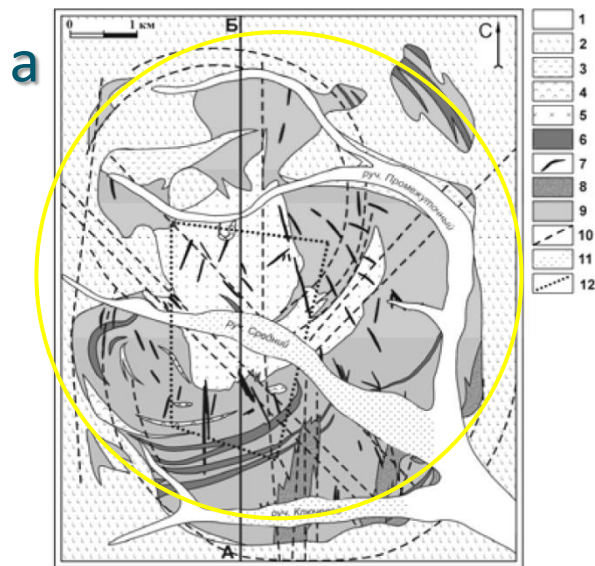
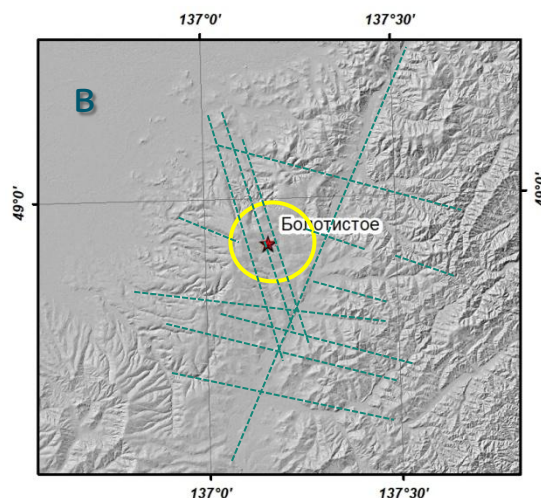
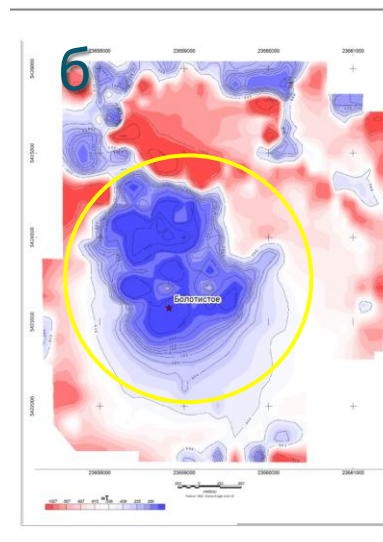


Рис. 1. Схематическая геологическая карта месторождения Болотистого по (Сушкин, 2007) с некоторыми изменениями и дополнениями. 1 - четвертичные отложения; 2 - базальты кизинской свиты, миоцен; 3-7 - эоценовый магматический комплекс: 3 - андезиты и андезитобазальты кузнецовской свиты; 4 - дациты; 5 - интрузия сложного состава (габбро, габбро-диабазы, диабазы, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты); 6 - силлы габбро-диоритовых порфиров, гранодиоритов; 7 - дайки основного и среднего состава; 8 - щебнисто-глинистые отложения эрозионно-тектонического вреза (палеоген); 9 - песчаники, реже алевролиты, аргиллиты (мел); 10 - разрывные нарушения; 11 - россыпи; 12 - контур штокверковой рудной зоны.

а – схематическая геологическая карта месторождения Болотистого (Латина, 2011)

б – карта модуля полного вектора магнитного поля масштаба 1:10000 (ПГО “Дальгеофизика”)

в – оттененный рельеф по данным SRTM03



- Месторождение Болотистое пространственно и генетически связано с магматическими породами, сформировавшиеся в обстановке трансформной континентальной окраины, в зоне влияния Центрально-Сихотэ-Алиньского разлома.
- Площадь месторождения Болотистого представляет собой «эрозионное окно» в покрове миоценовых базальтов острогорского комплекса, которое сложено нижнемеловыми отложениями, а также кварцевыми диоритами, габбродиоритами, диабазами, диоритовыми порфирами и гранодиоритами многофазной эоценовой интрузии (Лотина, 2011).
- Оруденение представлено крупным штокверковым телом в интрузии габбро-диоритов и лишь в незначительной мере, на отдельных участках во вмещающих терригенно – осадочных породах раннемелового возраста. В интрузиве большинство рудных тел сгруппировано в рудоносную зону шириной от 120 до 250 м и протяженностью более 800 м. Наиболее мощные и богатые рудные тела этой зоны имеют, как правило, **северо-западное или близмеридиональное простираие** (Лотина, 2011 г).

Таким образом, при анализе рельефа в данном районе нас будут интересовать кольцевые магматогенные структуры и линейные элементы рельефа, которые могут отвечать разломам.

Обработка данных SRTM

Рис. 1 а - сглаживание формы графика при изменении параметра масштаба t
б - зависимость расположений точек перегиба $L(x;t)$ (горизонтальная ось x) от масштаба (вертикальная ось t).

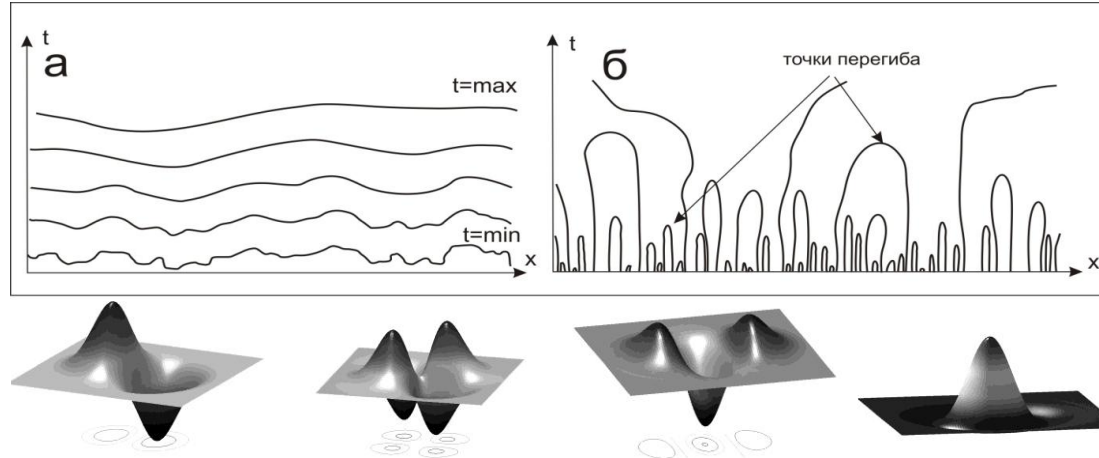
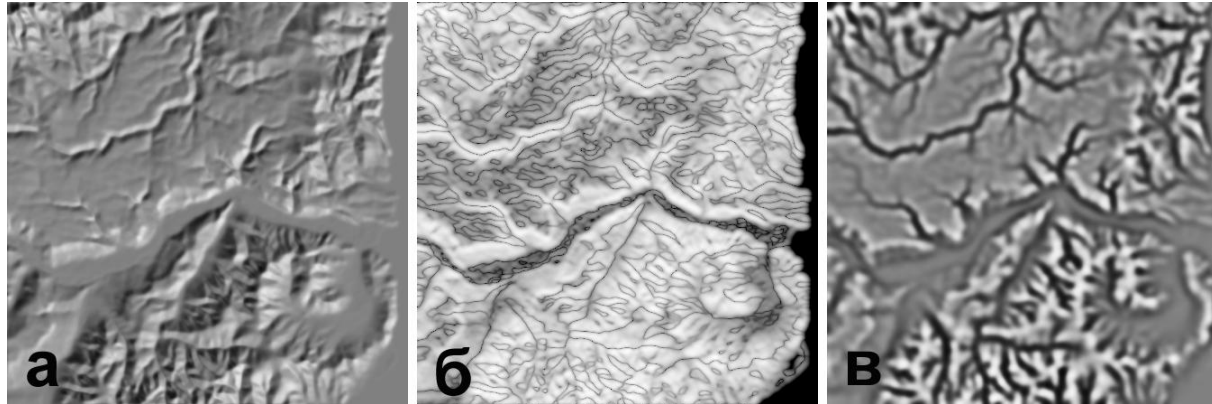


Рис. 2 Наиболее часто используемые Гауссовы производные: а – первая производная g_x ;
б – смешанная вторая производная g_{xy} ;
в – вторая производная g_{xx} ; г – оператор Лапласа.

Рис. 3 Фрагмент цифровой модели (DEM) радарной съемки SRTM 03 (разрешение 90 метров) в районе Иннокентьевской бухты на побережье Татарского пролива. Примерные координаты его центра $48^{\circ}33'$ с.ш. $140^{\circ}:00'$ в.д., покрытие 40×40 км.; а - подсвеченный рельеф; б – обработанный модулем градиента; в – обработанный оператором Лапласа.



В ИТиГ ДВО РАН с 2010 года сотрудниками ГИС-группы разрабатывается и успешно применяется на практике специализированная обработка данных SRTM (Рыбас и др.. 2011, 2019; Горошко М.В, и др. 2015, Горошко М.В и др, 2018). В основе методики обработки изображений - применение теории масштабного пространства (Witkin, 1983). Получаемые изображения являются компонентами масштабных представлений при расчете различных операторов, таких, например, как модуля первой производной по координате характеризующего состояние поверхности по крутизне, второй производной по координате на поверхности (лапласиана поверхности Гаусса).

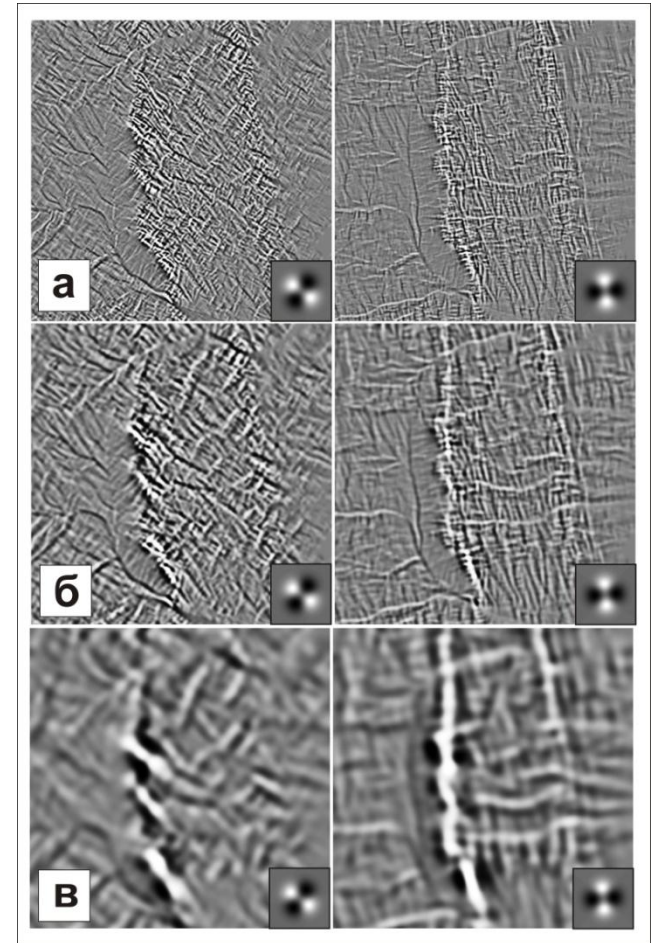
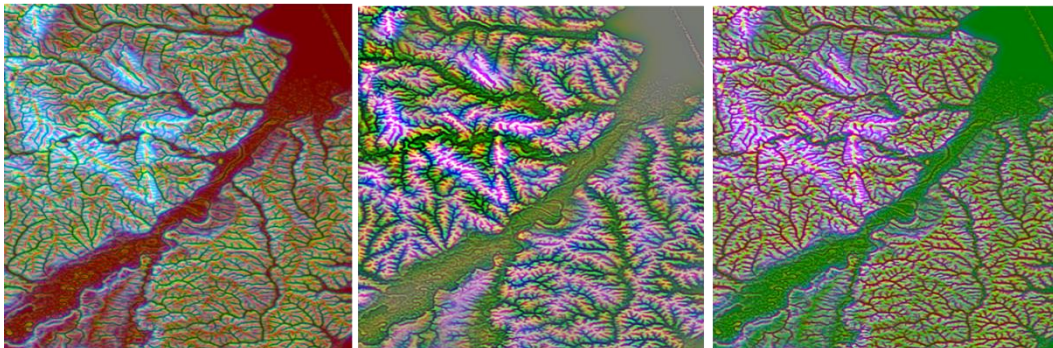
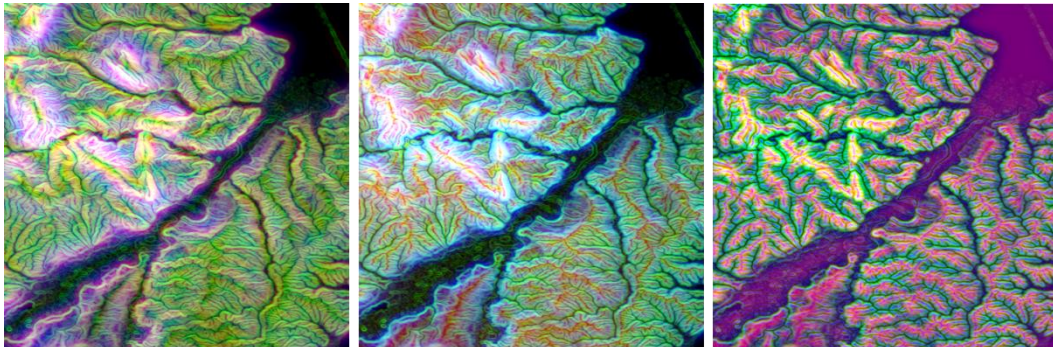
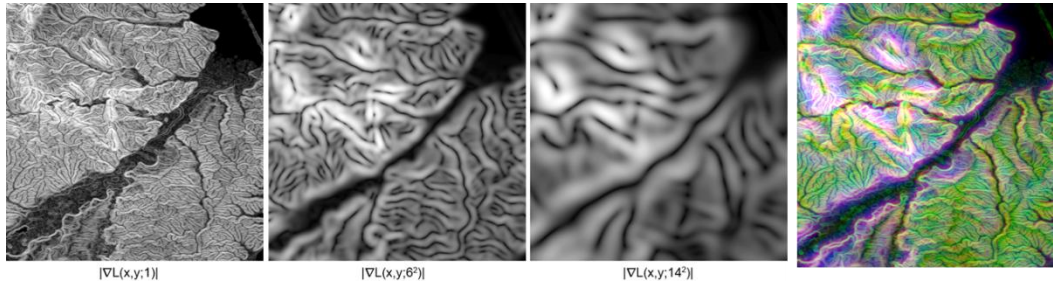


Рис. 4 Участок сейсмоактивной зоны северного Сахалина (район Нефтегорска), где развита правосторонняя сдвиговая тектоника. Примерные координаты центра $52^{\circ}36'$ с.ш. $143^{\circ}:00'$ в.д. Шесть вариантов L_{xy} , где использовался масштабный параметр $t=1, 4, 64$ (а, б, в, соответственно) и углы вращения второй производной $j_1=80^{\circ}(260^{\circ})$ (левые) и $j_2=130^{\circ}(310^{\circ})$ (правые), каждая сцена сопровождается формой производной ядра Гаусса.

Обработка данных SRTM



В наших работах мы используем и цветовую составляющую при создании синтезированных изображений. При формировании цветного RGB изображения, каждым из цветовых каналов является масштабное представление исходного рельефа или его производные, каждый со своим масштабным параметром. При большом возможном количестве комбинаций цвета, масштабных параметров и операторов, для дешифрирования выбираются синтезированные изображения, которые максимально наглядно выделяют или разделяют те или иные тектонические структуры при решении конкретных задач.

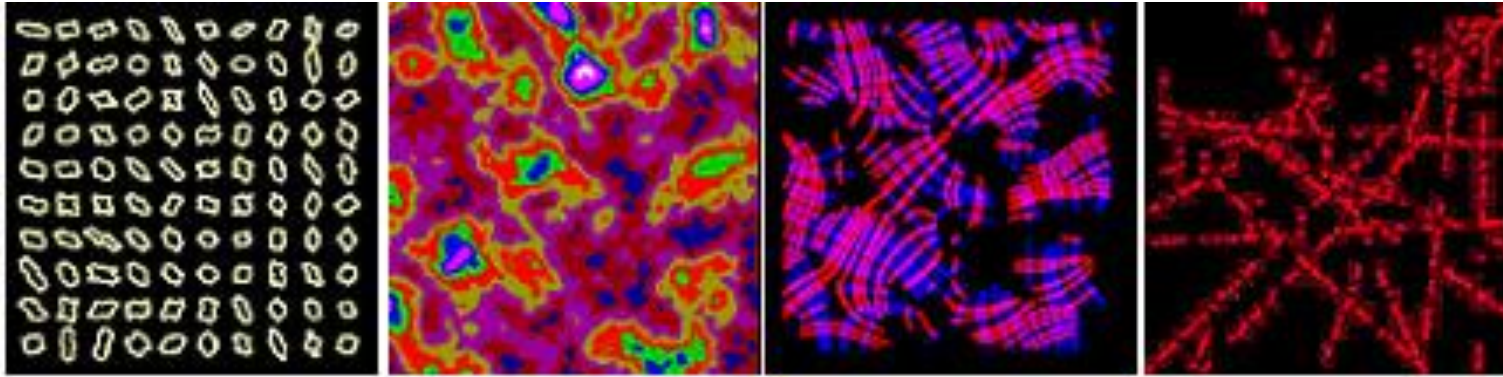
На рисунках Модуль градиента рельефа при значениях масштабного параметра

t (1,6,14)

Синтезированное цветное RGB изображение: R-Модуль градиента рельефа с масштабным параметром $t=6$; G- Модуль градиента рельефа с масштабным параметром $t=1$; B- Модуль градиента $t=14$

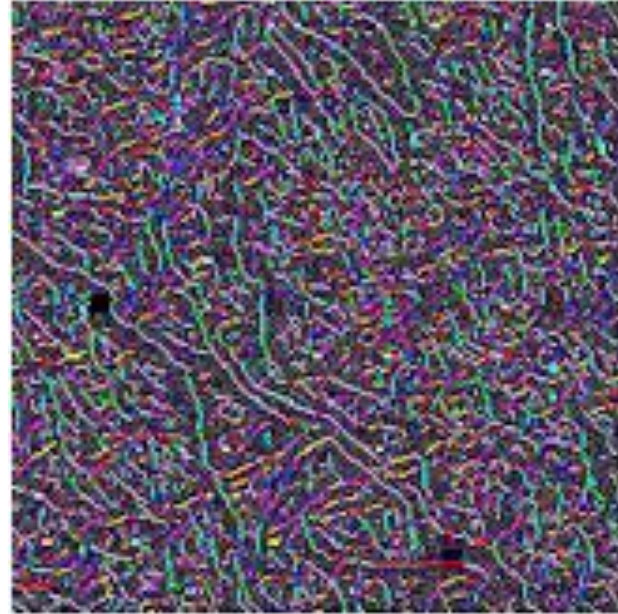
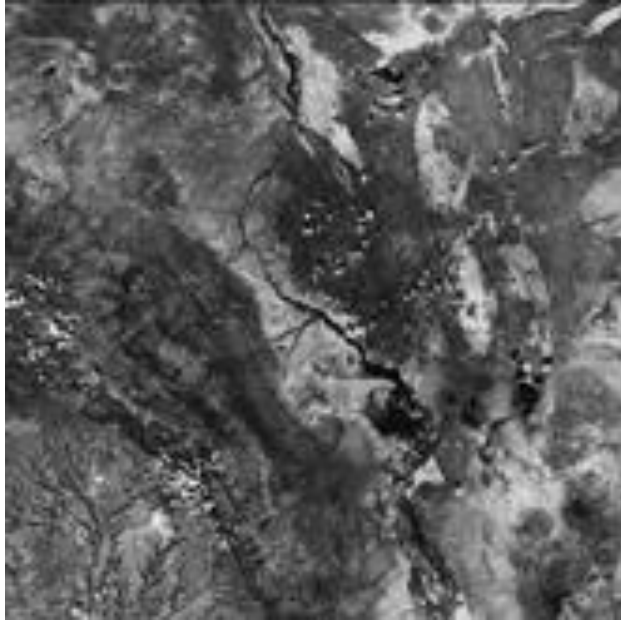
Примеры других комбинаций RGB синтезированных цветных изображений

Методика Lessa



- LESSA - Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis - это методика автоматического поиска линейных элементов и анализа их ориентации, расположения. Программы, реализующие LESSA, выявляют линейные элементы рисунка и описывают их свойства так, как это принято в геологических исследованиях: розы - диаграммы, плотности линейных элементов, протяженные линеаменты. Предоставляется и много новых видов описания: характеристики формы роз-диаграмм, вектора и линии вытянутости, сходство соседних роз-диаграмм и др.
- LESSA позволяет работать с данными различного типа - полутоновое изображение, бинарное изображение (схема, например, гидросети), цифровая модель рельефа (ЦМР) - создавая единое описание рисунка
- LESSA предоставляет специалисту объективные данные об исследуемой территории, помогая ему принять решение. Эта информация может использоваться как для интерактивного анализа (схемы, розы-диаграммы, псевдораскрашенные поля), так и для автоматизированного анализа в ГИС.

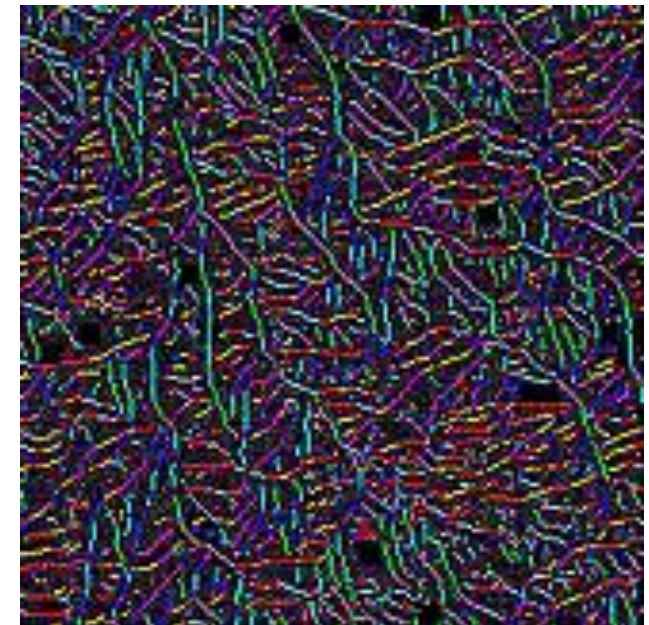
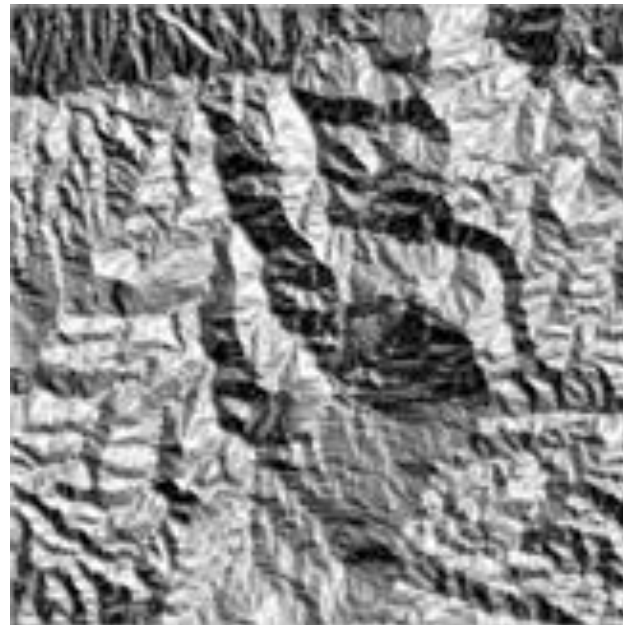
Method Lessa (Zlatopolsky A. 1997)

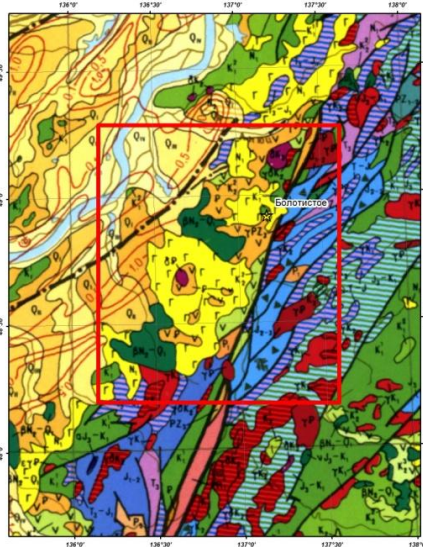


LESSA автоматически обнаруживает элементарные линейные элементы и определяет их направление (8 направлений).

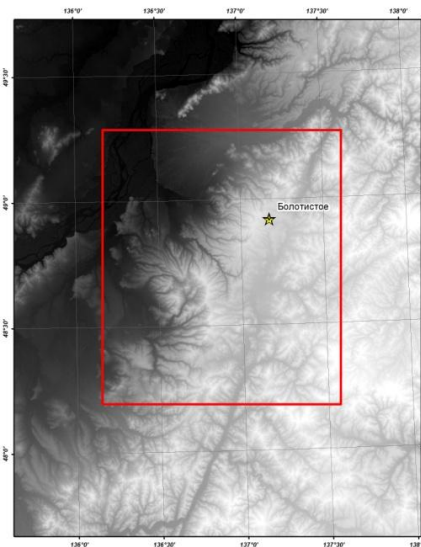
Выявленные элементарные линейные элементы, должны быть прямыми и достаточно длинными. На изображении в серых тонах это края однородных областей (и/или линии в серых тонах).

В ЦМР элементарные линейные элементы выявляются как оси хребтов и долин. Важно отметить, что все линейные элементы, обнаруженные в ЦМР, напоминают только особенности рельефа (а не растительность или артефакты).

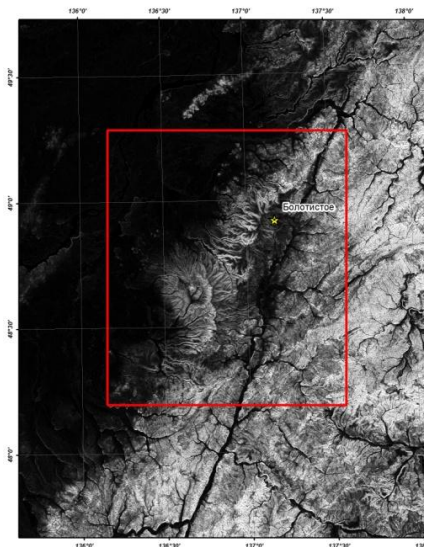




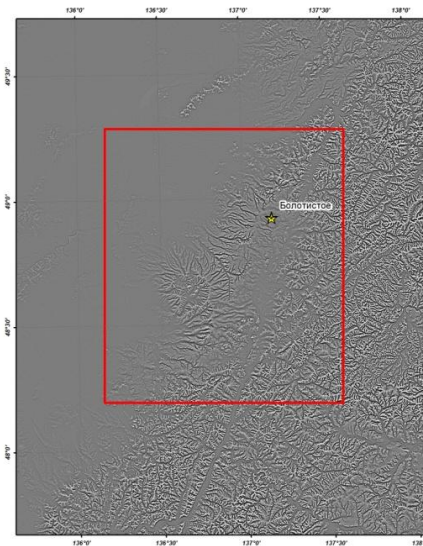
Фрагмент геологической карты
1:2500000



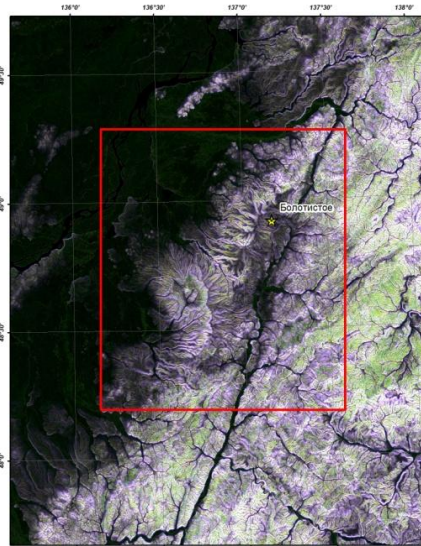
Исходный рельеф (SRTM 03)



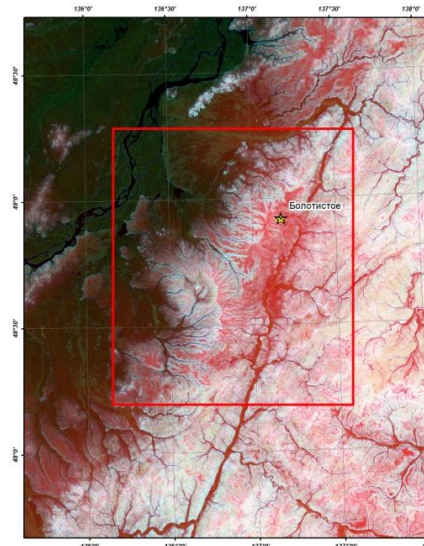
Модуль градиента рельефа с
масштабным параметром $t=4$



Лапласиан на поверхности
Гаусса с масштабным
параметром $t=4$



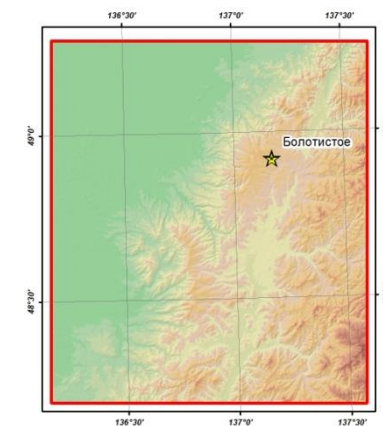
Синтезированное цветное RGB
изображение: R-модуль градиента
 $t=4$; G – модуль градиента $t=1$; B-
модуль градиента $t=9$



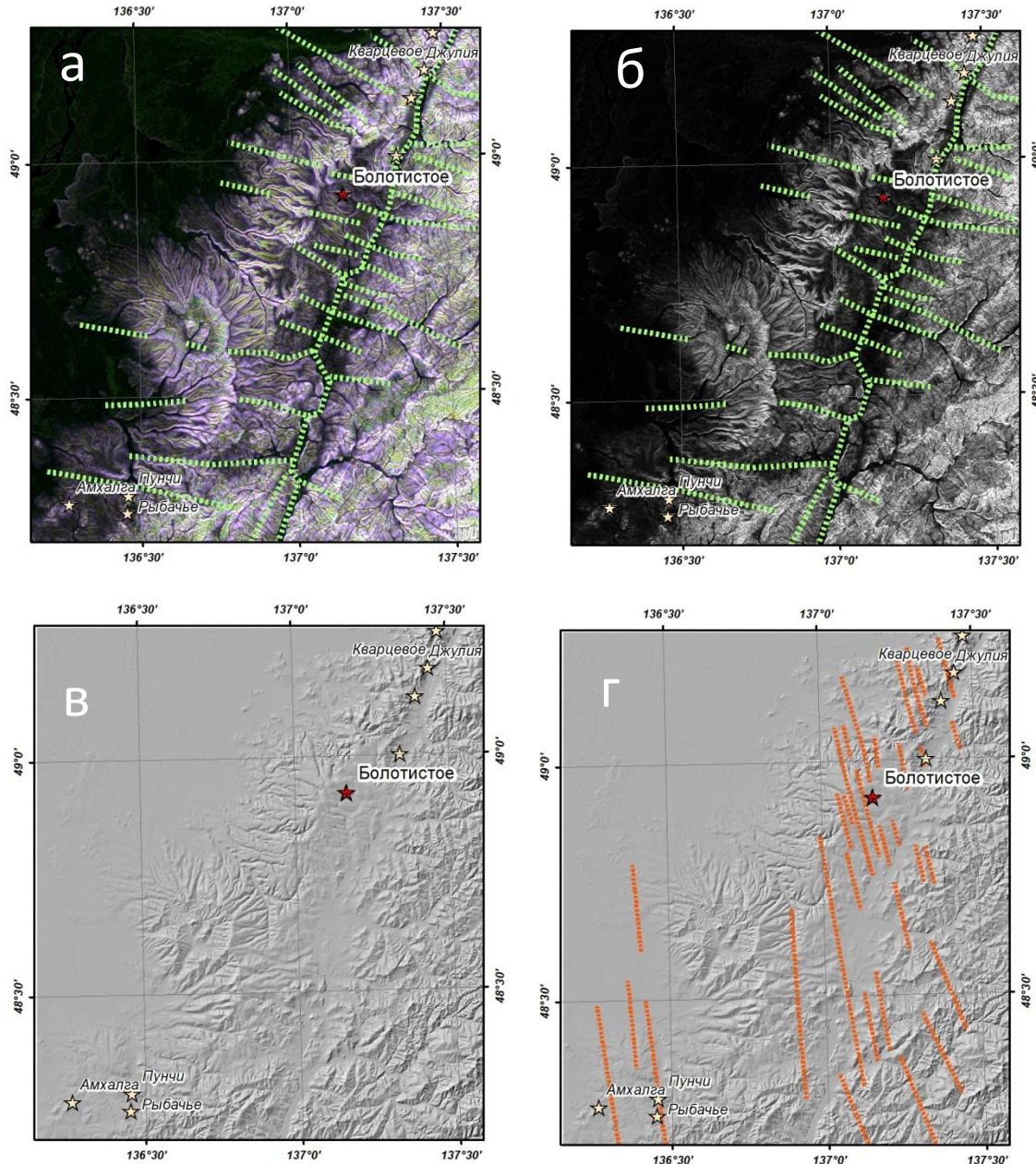
Синтезированное цветное RGB
изображение: R-исходный рельеф; G –
модуль градиента $t=1$; B- модуль
градиента $t=4$

Трансформанты рельефа

- На трансформантах рельефа хорошо выражена область сдвигов Центрально-Сихотэ-Алиньского разлома и сопутствующие им морфоструктурные изменения рельефа, что, вероятно, связано с пересечением его системой широтных разломов.
- Далее проводится более детальное рассмотрение этой области.



Линейные структуры



а- синтезированное цветное RGB изображение:

R-модуль градиента $t=4$;

G – модуль градиента $t=1$;

B- модуль градиента $t=9$

б-модуль градиента $t=4$;

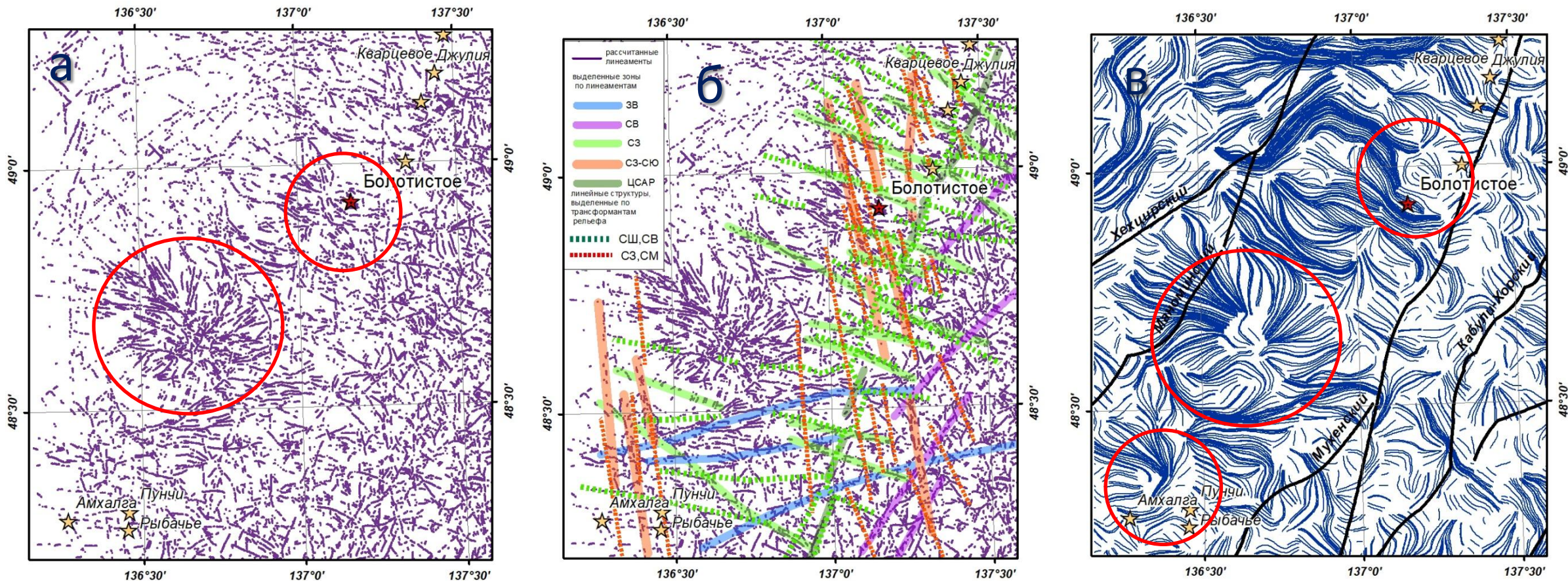
в,г - оттененный рельеф. Азимут 315градусов

Зеленым цветом показаны ЦСАР и субширотные поперечные линейные структуры

Оранжевым цветом показаны СЗ линейные структуры

В трансформантах рельефа хорошо проявлены субширотные линейные структуры, с ними связаны участки смещения отрезков ЦСАР. Частично они могут быть прослежены под базальтами. Месторождением Болотистое и рассматриваемые точки проявления золотой минерализации сопряжены с этими линейными структурами. На оттененном рельефе отчетливо видны северо-западные – субмеридиональные линейные структуры, пересекающие ЦСАР.

Линеаменты

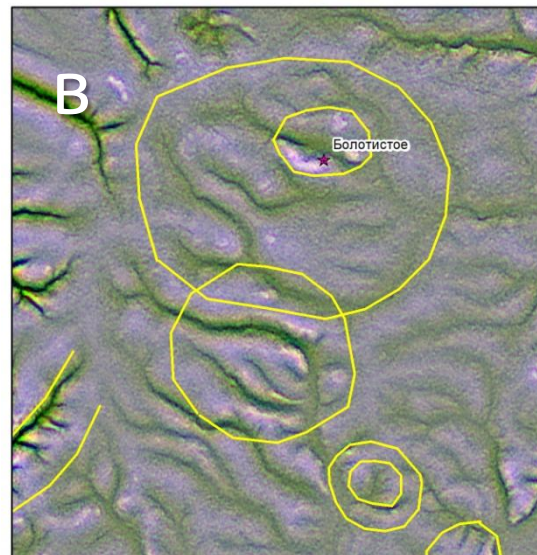
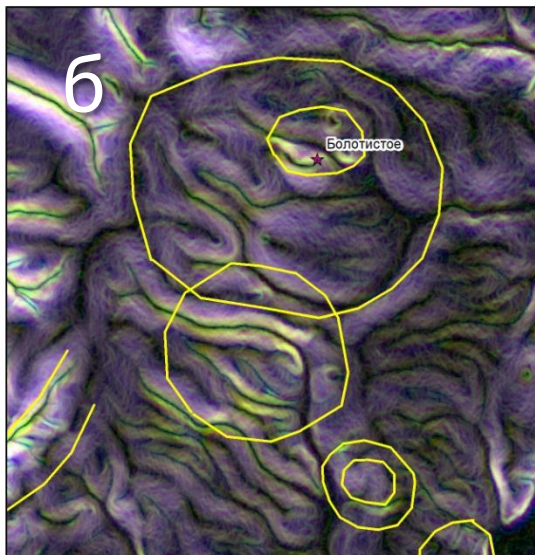
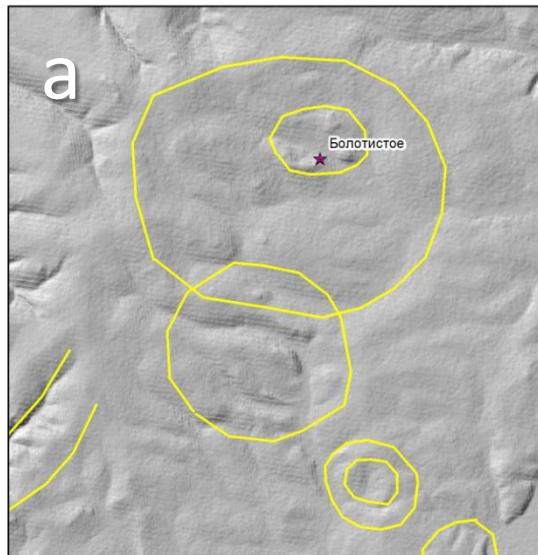


а- линеаменты рассчитанные по программе Winlessa

б-линеаменты рассчитанные по программе Winlessa, выделенные линейные зоны по линеаментам и по трансформантам цифровой модели рельефа.

в- линии преобладающей вытянутости роз-диаграмм рассчитанные по программе Winlessa с окном 64 пикселя

Кольцевые структуры



Площадь месторождения Болотистое (а-в),
площадь проявления Амхалга, Пунчи,
Рыбачье(г-е)

а, г- оттененный рельеф (SRTM01)

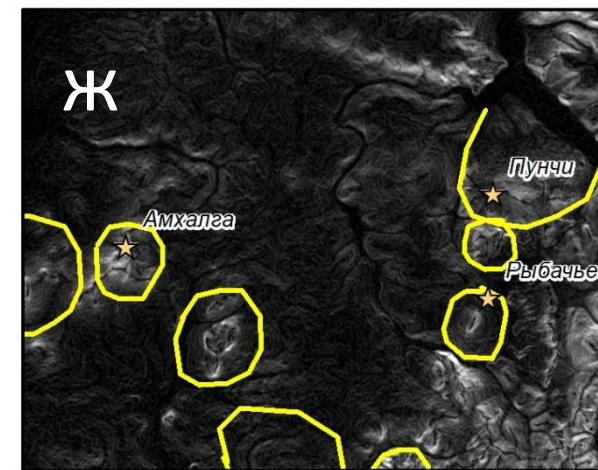
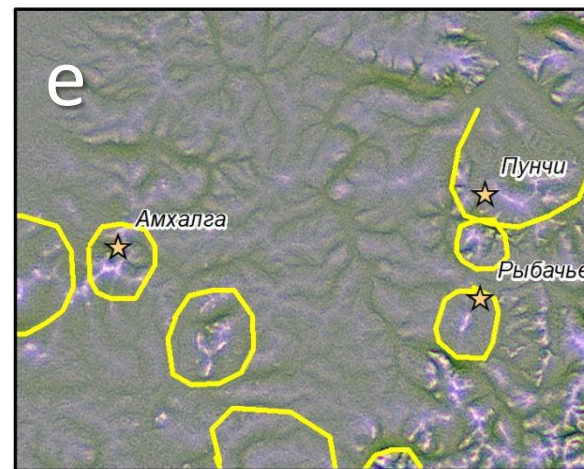
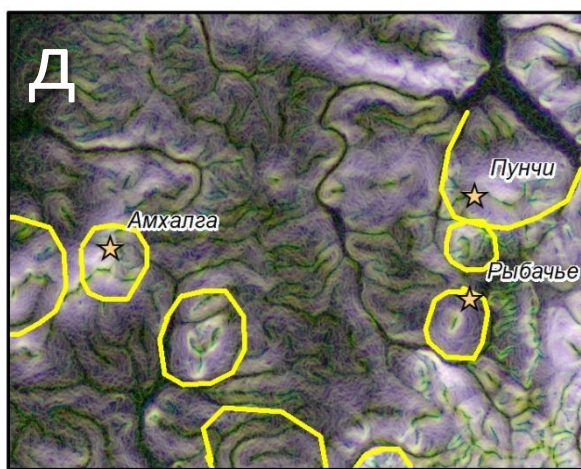
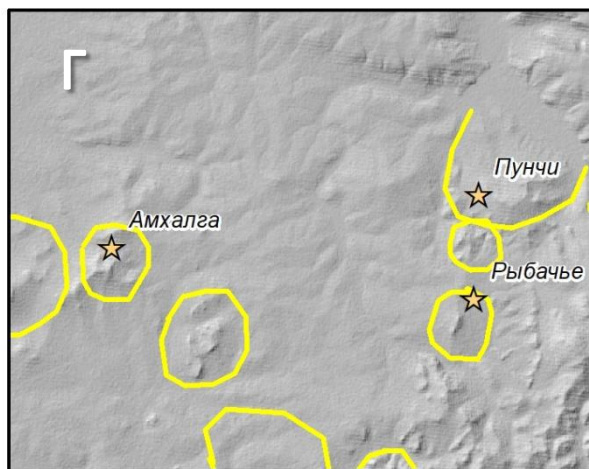
б,д- синтезированное цветное RGB изображение:

R-модуль градиента $t=4$; G – модуль градиента $t=1$; B- модуль градиента $t=9$

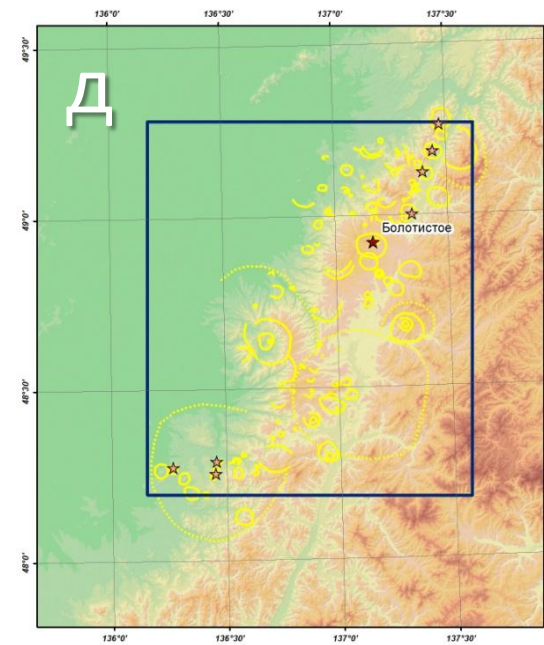
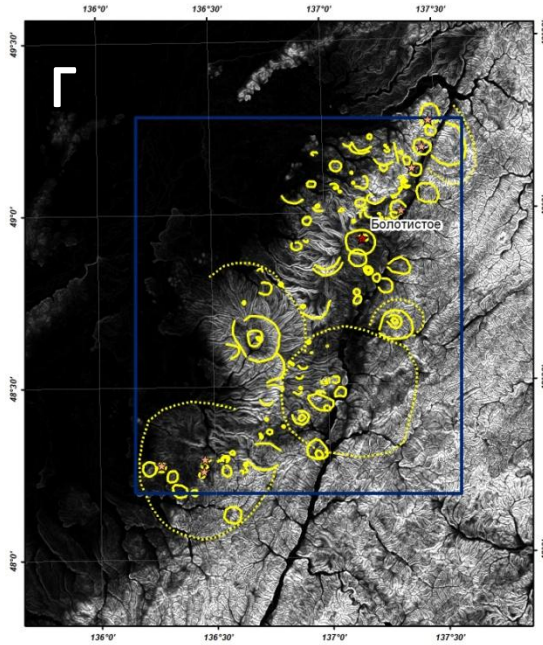
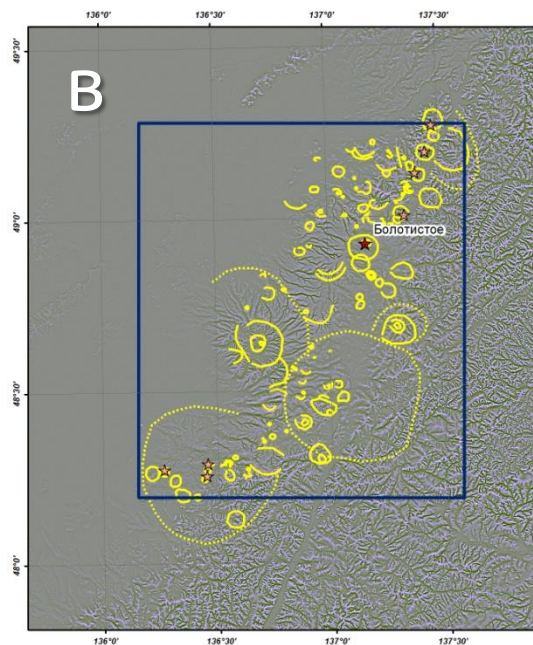
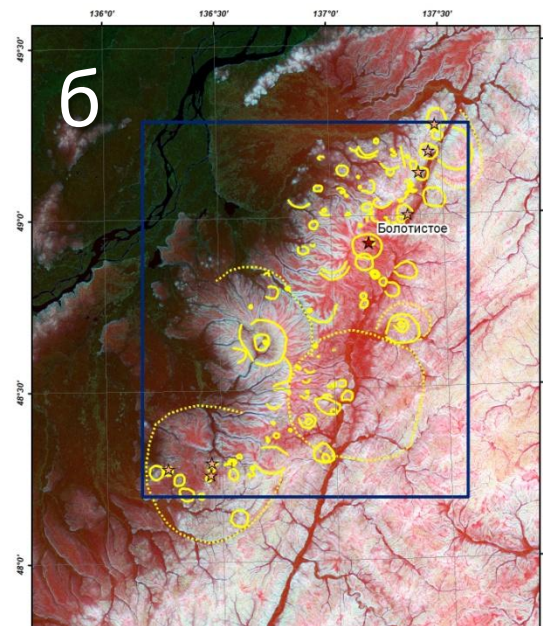
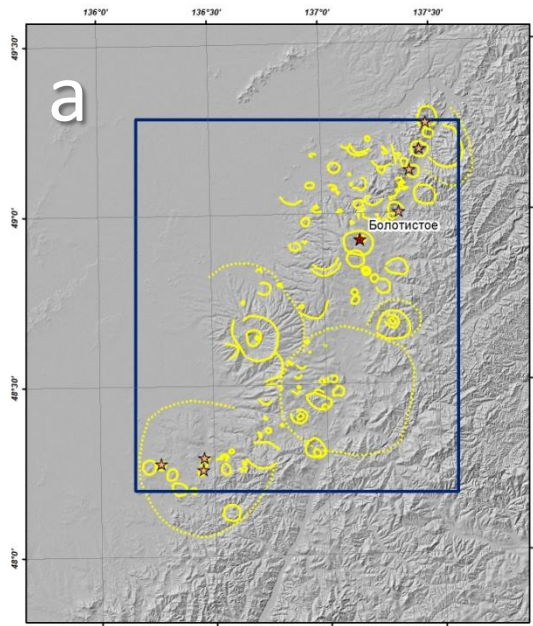
в,е- синтезированное цветное RGB изображение,
Лапласиан на поверхности Гаусса с
масштабными параметрами: R- $t=4$; G – $t=1$; B-
 $t=9$

Г- модуль градиента рельефа, $t=4$ (SRTM01)

Желтыми контурами показаны выделяемые
кольцевые структуры



Кольцевые структуры



а- оттененный рельеф (SRTM01)

б- синтезированное цветное RGB изображение: R-исходный рельеф; G – модуль градиента $t=1$; B- модуль градиента $t=4$

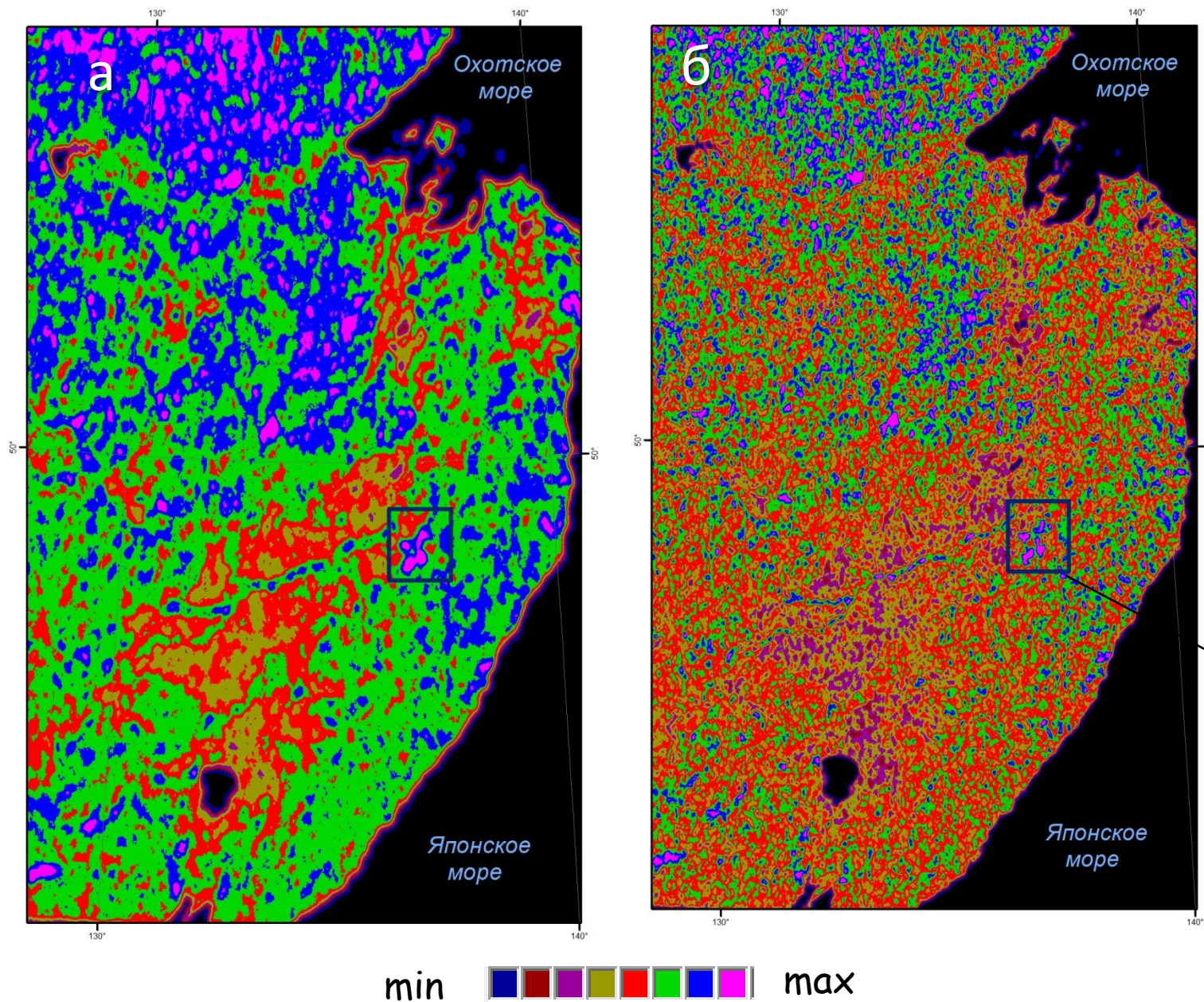
в- синтезированное цветное RGB изображение, Лапласиан на поверхности Гаусса с масштабными параметрами: R- $t=4$; G – $t=1$; B- $t=9$

г- модуль градиента рельефа с масштабным параметром $t=9$ (SRTM01)

д- исходный рельеф (SRTM01)

Желтыми контурами показаны выделяемые кольцевые структуры

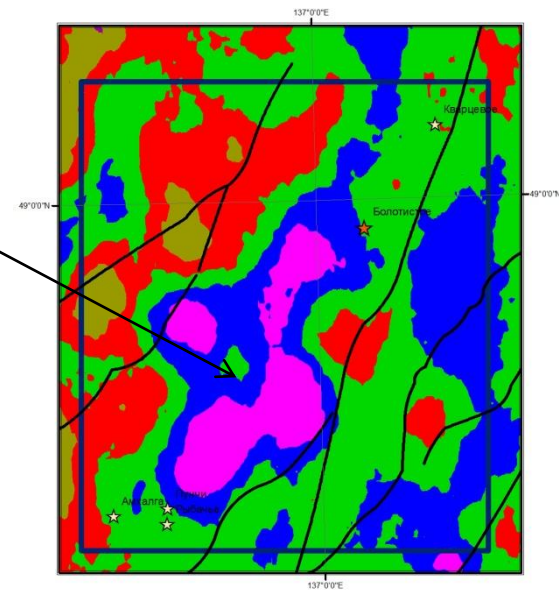
Плотность элементарных линейных элементов



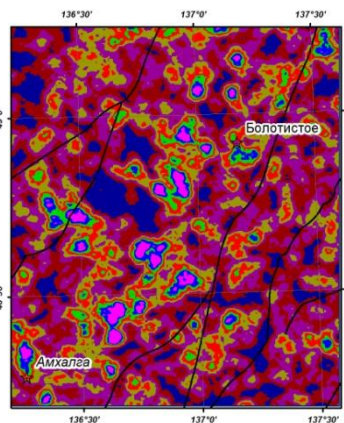
а- региональная карта элементарных линейных элементов, рассчитанная по цифровой модели рельефа(SRTM30) с окном 128 пикселя

б- региональная карта элементарных линейных элементов, рассчитанная по цифровой модели рельефа(SRTM30) с окном 64 пикселя

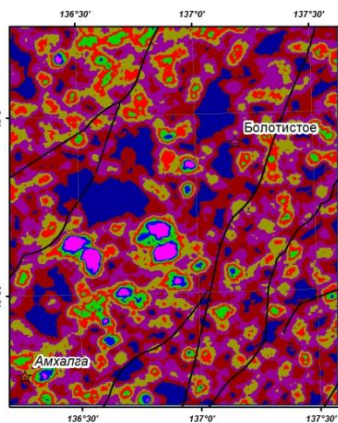
Синим прямоугольником показана площадь исследований



Карты плотности ЭЛЭ по направлениям



1

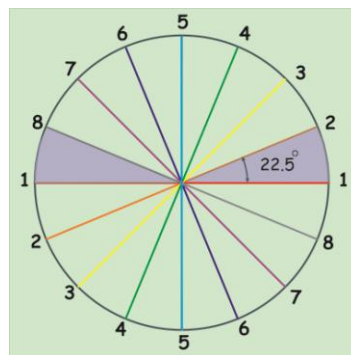


2

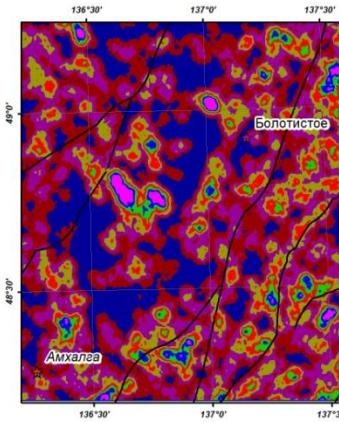
min



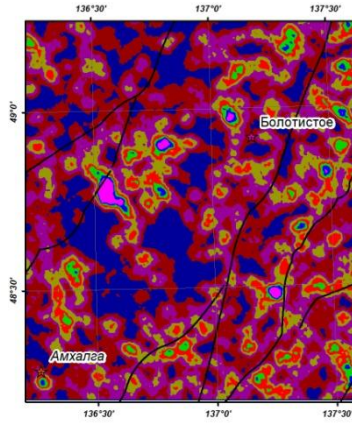
max



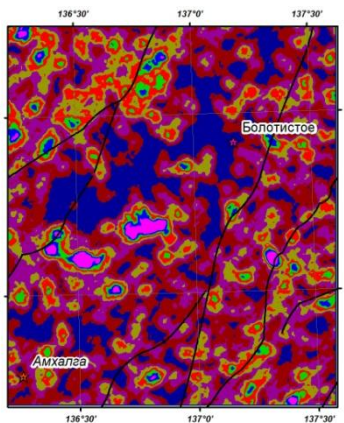
Весьма интересную информацию представляет распределение плотности ЭЛЭ по направлениям (восемь направлений от 0° до 180° с шагом 22.5°). Анализ этих карт показывает, что наиболее четко выделяется область северо-восточной ориентировки повышенных значений плотности ЭЛЭ субширотных направлений. (1,8).



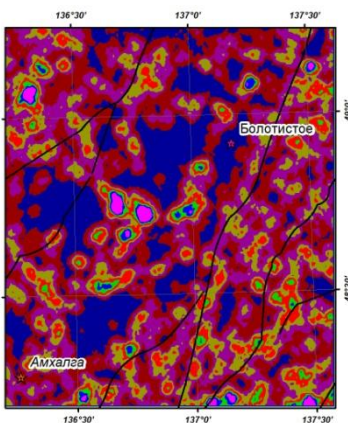
5



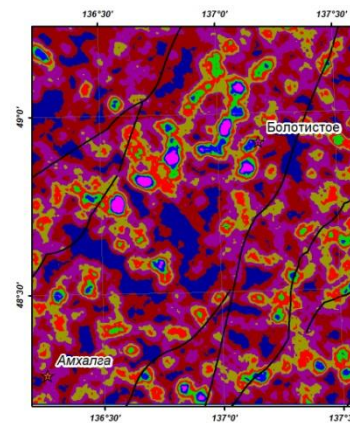
6



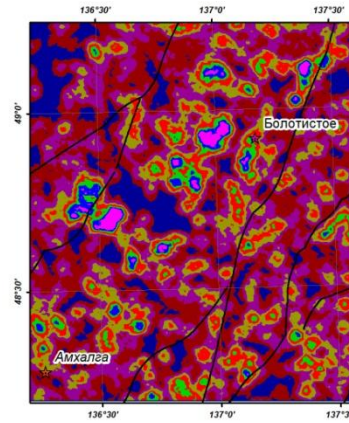
3



4



7



8

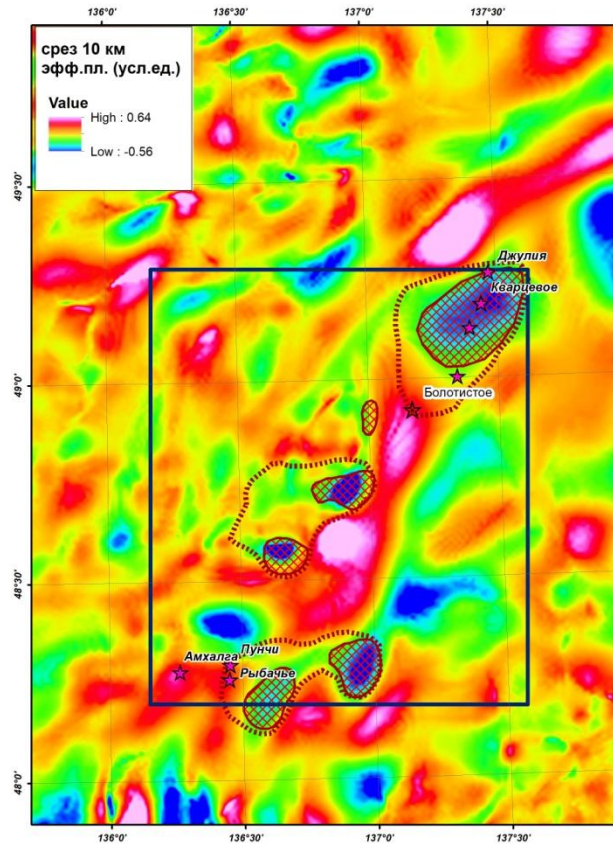
Результаты геофизического моделирования

Таким образом выполненный анализ рельефа позволил наметить ряд линейных структур, которые могут отвечать разломам, кольцевых и дуговых структур, возможно связанных с интрузивными и вулканогенными структурами позднего мела-палеогена в том числе на площадях закрытых базальтами. Их поисковая значимость может быть определена в зависимости от пространственного соотношения с возможными рудными узлами.

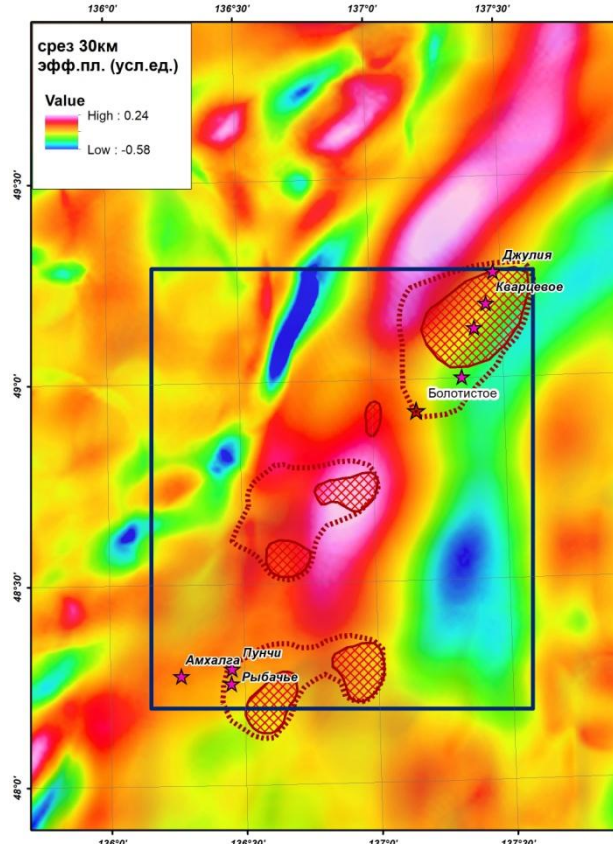
Для выделения последних нами привлечены имеющиеся геофизические материалы. Они позволяют оценить особенности глубинного строения верхней части земной коры в изучаемом районе, которые могут определять положение золоторудных узлов и полей, в т.ч. и под покровами базальтов, Из опыта работ авторов в САОП и других регионах ДВ мы используем для выделения рудных узлов два основных признака.

- 1. *Наличие зон разуплотнения на глубинах до 15 км, которым соответствуют гранитоидные интрузии. При этом наиболее перспективные части рудных узлов располагаются в краевых частях этих областей разуплотнения и тяготеют к контрастным петроплотностным границам в верхней части земной коры.*
- 2. *Золоторудные узлы пространственно занимают позицию в краевых частях магнитных тел расположенных на глубинах более 10км.*

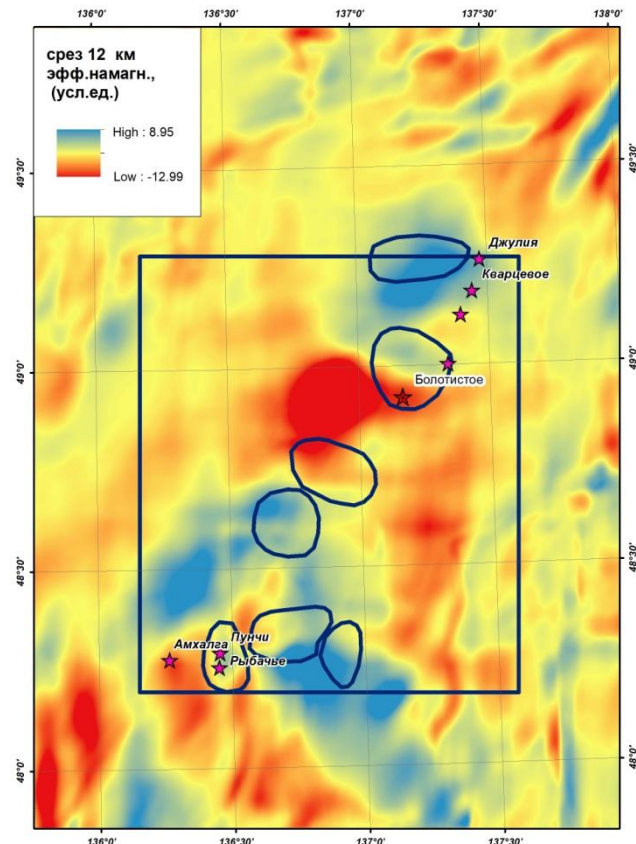
Результаты геофизического моделирования



**Эффективная плотность
глубина 10км**



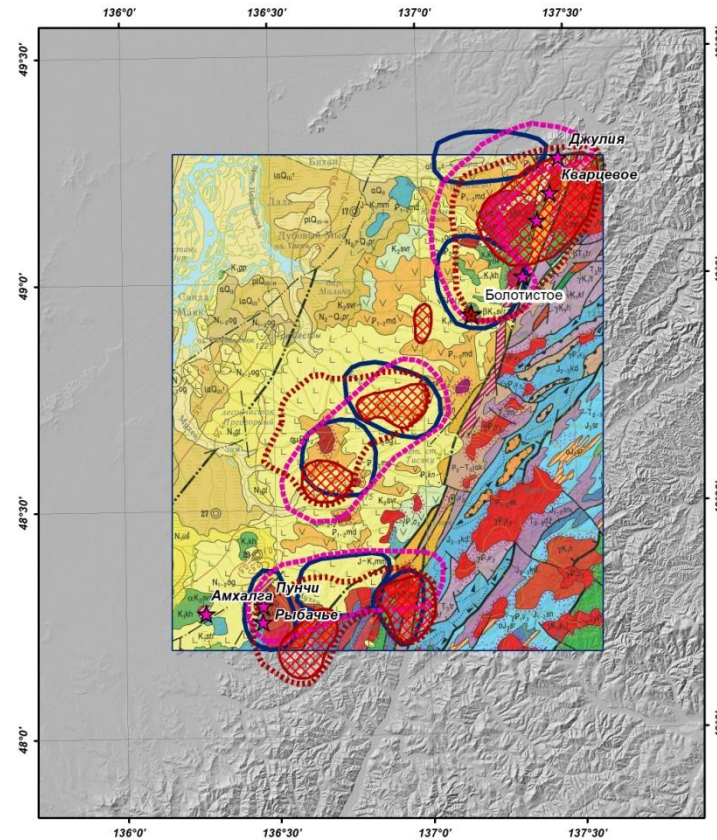
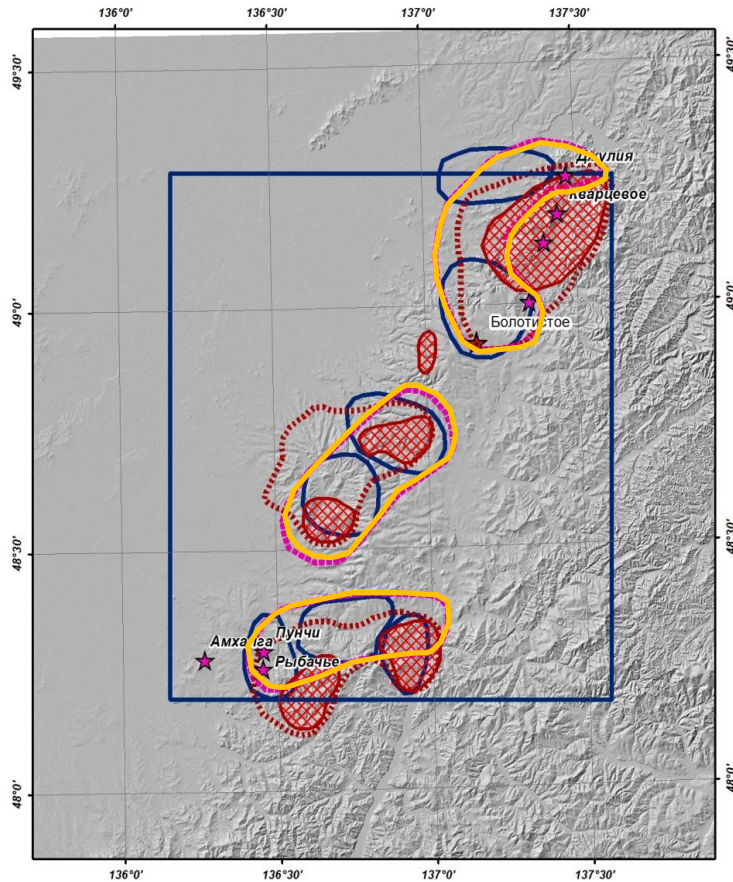
**Эффективная плотность
глубина 30км**



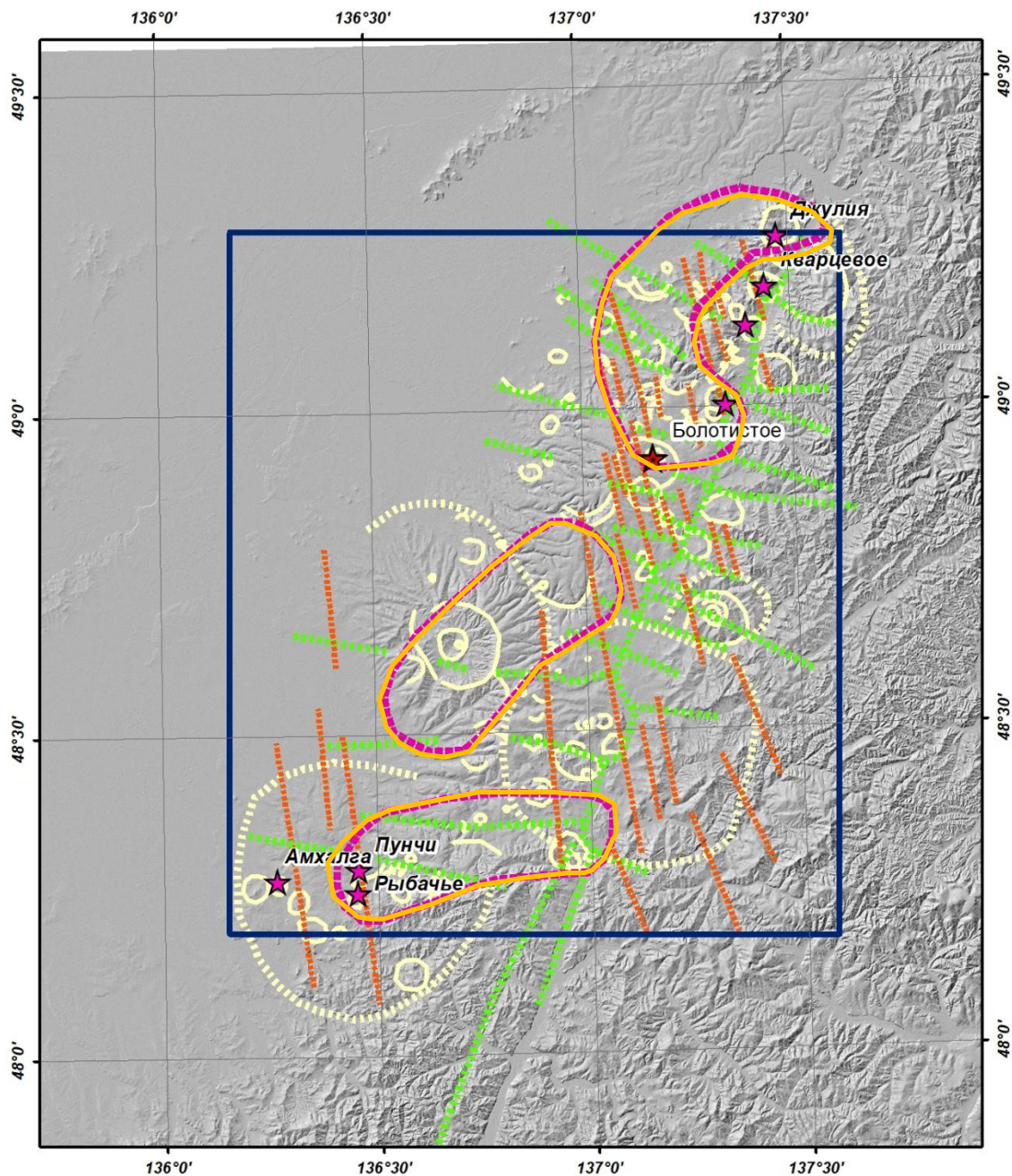
**Эффективная намагниченность
глубина 12км**

Основываясь на этих признаках нами выделены области разуплотнения (гранитоидные интрузии) развитые до глубин 12-15 км, которые определяют положение основных рудных узлов. Несколько из них полностью скрыты под базальтами. Этим областям также соответствуют глубинные магнитные тела.

Результаты геофизического моделирования



Выделены три потенциальных рудных узла, один из них полностью перекрыт базальтами, два других перекрыты частично. Северный узел выделялся ранее как Сооли-Тормосинский. В данной работе уточнены и расширены его контуры. Авторы полагают, что выделенные узлы могут быть объединены в один рудный район, который ранее не выделялся.



Перспективные площади

Верхнекоровые области разуплотнения располагаются в пределах концентрации систем субширотных, северо-западных зон, выделяемых по результатам моделирования и по данным обработки цифровой модели рельефа.

• Выводы

- 1. По результатам проведенных исследований, можно предполагать, что закрытый базальтами участок Западно-Сихотэ-Алиньской металлогенической зоны не менее перспективен на выявление золоторудных месторождений, чем остальная часть зоны и здесь выделено три потенциальных рудных узла.
- 2. При определенных условиях, использование результатов обработки ЦМР позволяет выявлять “подбазальтовые” потенциально золотоносные структуры ранга месторождения.
- 3. По результатам проведенных исследований выделен ряд перспективных на выявление золотого оруденения участков. Они могут быть ранжированы по факту пространственного совпадения с площадями , выделяемыми по геофизическим критериям в ранге рудных узлов.

•

Литература

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 С.
2. Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений//М.:Наука. 1974. 192 С.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-53 — Хабаровск. Объяснительная записка//С-Пб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2009. 376 С.
5. Коковкин А.А. Намурхэ-Амурская система разломов в окраинно-континентальной структуре востока Азии// Региональная геология. 2019. № 6. с28-42.
6. Лотинина А.А. Золото-висмут-теллуровая минерализация в коренных источниках и россыпях месторождения Болотистого (Хабаровский край). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Владивосток. 2011.
7. Нигай Е.В. Базальтоилы острогорского комплекса: геология, возраст, геохимия, геодинамика (Западный Сихотэ-Алинь)//Отечественная геология. 2022.№6. Стр. 17-33. DOI:10.47765/0869-7175-2022-10032
8. Носырев М.Ю. Геофизические характеристики золоторудных районов Приамурья // Материалы IV Международной конференции с международным участием “Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит”. Владивосток, 2018, 17-23 сентября, с. 284-285.
9. Носырев М.Ю. , А.Н. Диденко, Г.З. Гильманова. Строение земной коры и литосферной мантии центральной части Нижнеамурской металлогенической зона, закономерности распределения золота в ее пределах // *Тихоокеанская геология*, 2023. Т 42, №3, с. 3-19
10. Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Применение теории масштабных пространств для ЦМР среднего разрешения в геологических и тектонических исследованиях// Геоморфология. №2. 2019. с. 68-78.
11. Сушкин Л.Б. Особенности крупных мезо - кайнозойских вулканических очагов Северо-Западного Сихотэ - Алиня // Материалы международной конференции, посвящённой памяти Виктора Ефимовича Хаина “Современное состояние наук о Земле”. 2011 г. Москва, 1-4 февраля , с. 1806-1811.
12. A.N. Didenko, M.Yu. Nosyrev, G.Z. Gilmanova. A Gravity-Derived Moho Model for the Sikhote Alin Orogenic Belt // *Pure and Applied Geophysics*. 2021. <http://doi.org/10.1007/S00024-021-02842-8>
13. Zlatopolsky A. Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA //Computers&Geosciences. 1997. V. 23. No 1. P. 45-62.

**Работа выполнена при финансовой
поддержке РФФ**

Грант *22-17-00023-П*



Благодарим за
внимание!