



**ВЫДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ПОИСКИ
КОРЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ АЛМАЗОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ
АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ В УСЛОВИЯХ
БОРЕАЛЬНОЙ ТАЙГИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова, Гофаров М.Ю.

*Институт экологических проблем Севера УрО, Архангельск,
Россия*

Архангельск

**Восьмая
Всероссийская открытая
конференция
«Современные проблемы
дистанционного
зондирования Земли из
космоса (Физические
основы, методы и
технологии мониторинга
окружающей среды,
потенциально опасных
явлений и объектов)».
Москва. 15-19.11 2010 г.**

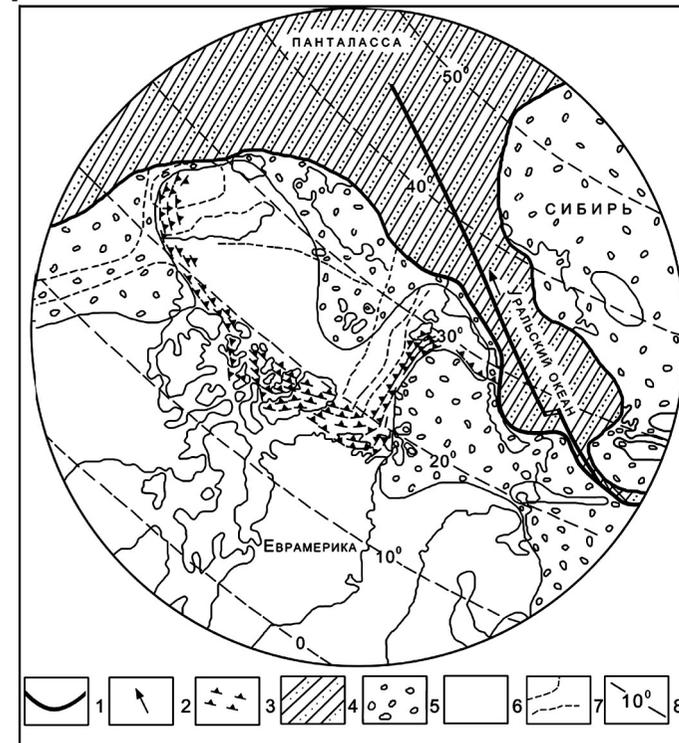
Возможен ли пропуск кимберлитовых тел ?



| | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
| ○ Алюминий (Al) | ⬢ Агат | ⬢ Флюорит | ⬢ Пес.-гравийные смеси |
| ⬢ Хром (Cr) | ⊙ Барит | □ Гипс, ангидрит | ⬢ Олово (Sn) |
| ⬢ Медь (Cu) | ⊙ Вериллий (Be) | ⬢ Известняк | ⬢ Вольфрам (W) |
| ⬢ Железо (Fe) | ⊙ Висмут | ⬢ Молибден (Mo) | |
| ⬢ Магний (Mg) | ⬢ Бурый уголь | ⬢ Самородная сера | |
| ⬢ Никель (Ni) | ⬢ Целестин | ⬢ Ниобий (Nb) | |
| ⬢ Свинец (Pb) | ⬢ Глина | ⬢ Благородные металлы | |
| ⬢ Титан (Ti) | ⬢ Уголь | ⬢ Кварц | |
| ⬢ Цинк (Zn) | ★ Алмазы | ⬢ Редкие земли | |
| | ⬢ Доломит | ⬢ Соль | |

Минеральные ресурсы региона (Economy Geography..., 1999)

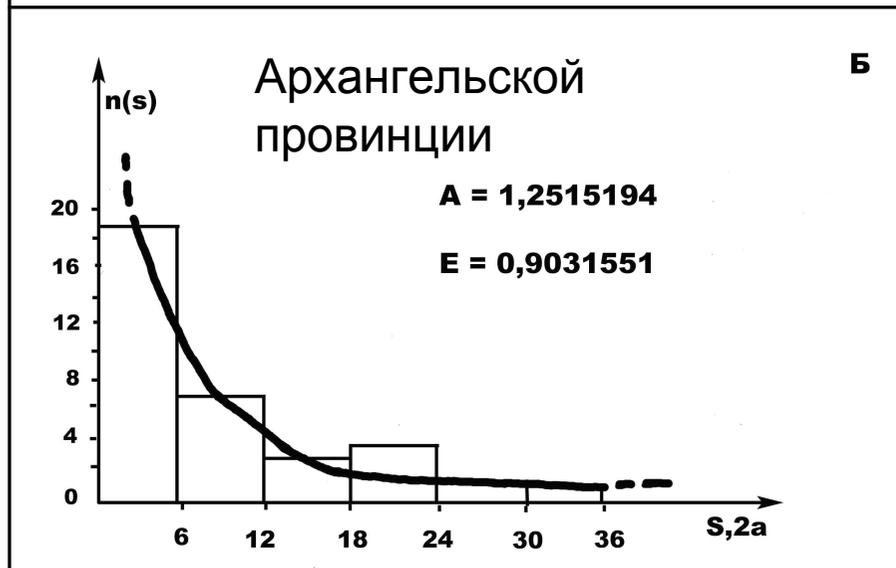
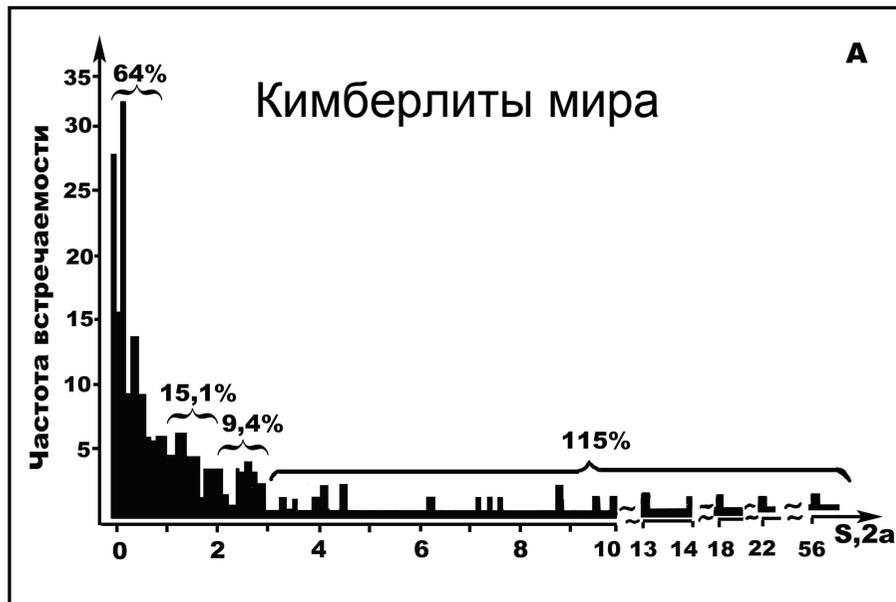
При существующей методике поисков кимберлитовых тел реален пропуск до **20%** палеозойских трубок взрыва. И это без учета возможности обнаружения тел мезозойского возраста



Плитотектоническая реконструкция Арктического региона 340 млн. лет назад (Зоненшайн и др., 1990)

1 - трансформные разломы; 2 - направление относительного движения плит; 3 - базальтовый вулканизм на континентах; 4 - океанические бассейны; 5 - мелководные моря; 6 - суша; 7 - рифты; 8 - палеошироты

Для юго-восточного Беломорья характерно отсутствие тел с площадью сечения менее 0.01 км² (~ 100x100 м), а в совокупности, характеризующей трубки взрыва мира, их доля составляет 64% от общего числа. Из этого факта возможны два разных вывода: а) тела этого размера отсутствуют на территории; б) они пропущены в процессе поисков, т. е. концепция, лежащая в основе поисковой методики дает сбой.



Вероятность обнаружения цели при исследовании вдоль множества линий может быть определена из геометрических соображений (Дэвис, 1990). Этим наибольший интерес представляют дополнительные вероятности (P), т. е. вероятности того, что случайно расположенная цель будет пересечена один или большее число раз множеством линий, вложенных в прямоугольную сеть.

Общее уравнение имеет вид: $P = Q (D1 + D2 - Q) / D1 \times D2$ (10); где $P = 2 ((a^2 + b^2) / 2) / 2$ (11)

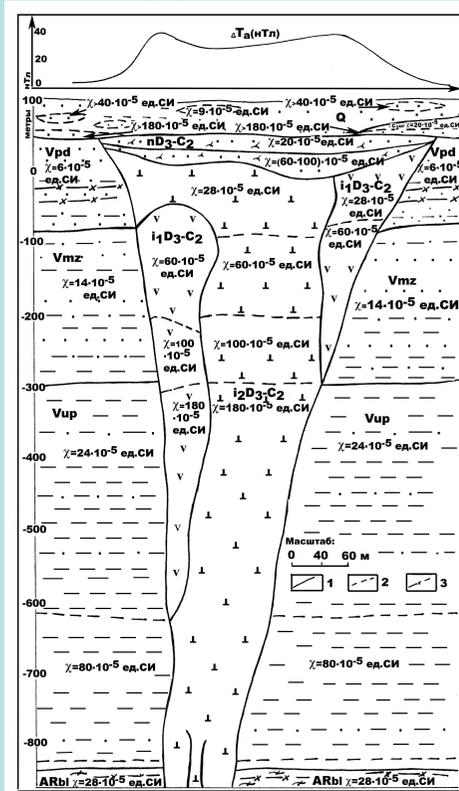
a и b - полуоси эллипса, $D1$ - расстояние между параллельными линиями сети, $D2$ - расстояние между перпендикулярным множеством разрезов, Q - периметр эллипса.

Параметры эллипса вычислялись исходя из следующего: максимальная площадь 10000 м², отношение осей 1:1.8 (Кутинов, Чистова, 2004). Площадь эллипса вычисляется по формуле: $S = \pi ab$, (12) т.е. $10000 = \pi \times 1.8X \times X = \pi \times 1.8 X^2 = 42$ м.

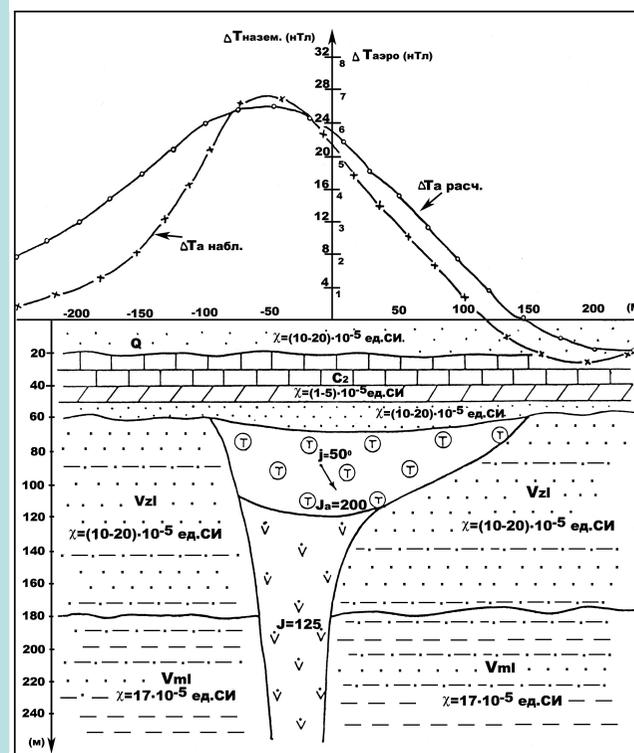
Таким образом, $a = 76$ м, $b = 42$ м.

$P = 122.8 (100 + 25 - 122.8) / 100 \times 25 = 0.11$, т.е.

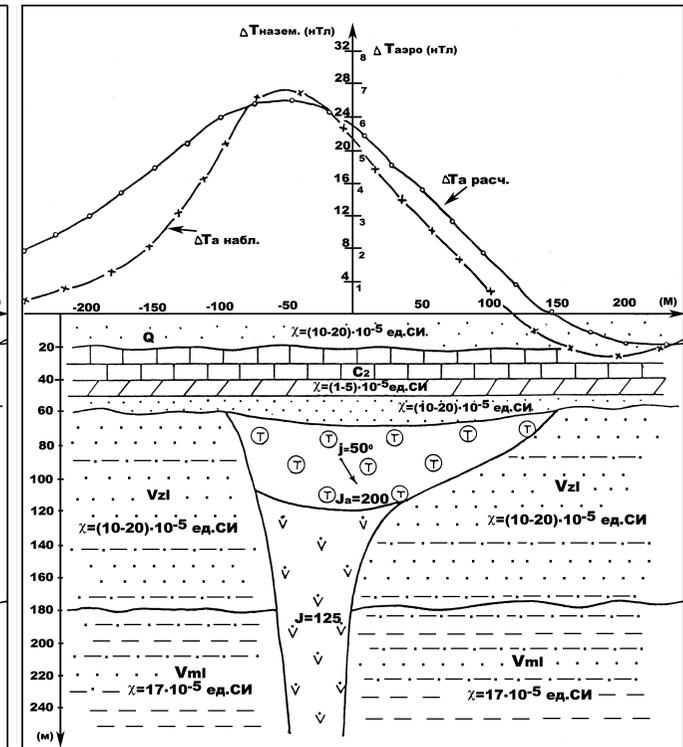
вероятность - невелика.



**Петромагнитная модель
трубки взрыва
(Кутинов, Чистова, 2004)**



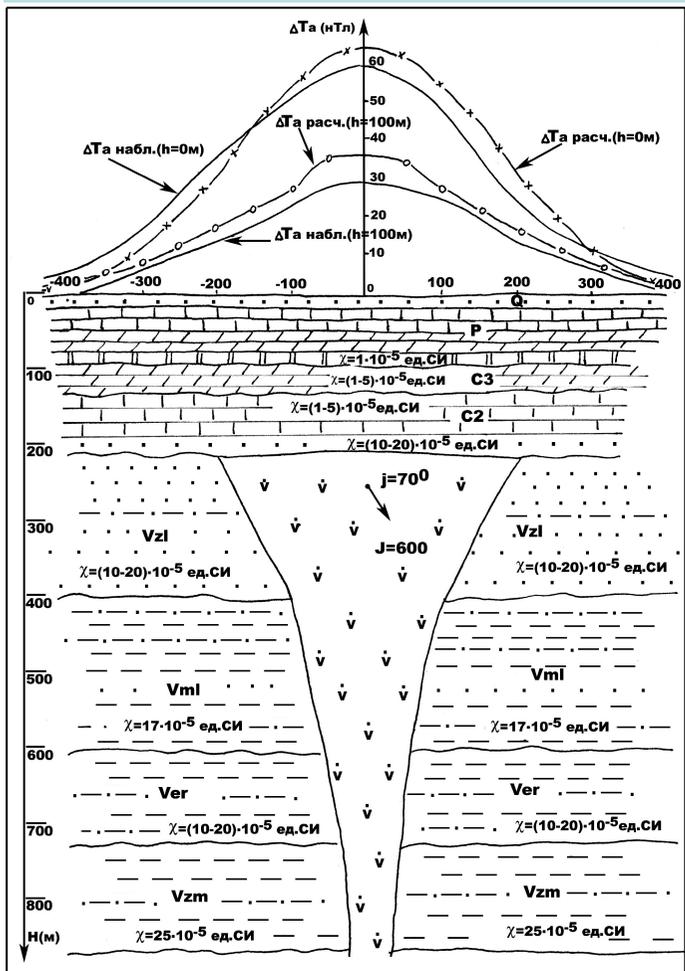
**Обобщенная петромагнитная
модель трубки взрыва
Золотицкого поля**



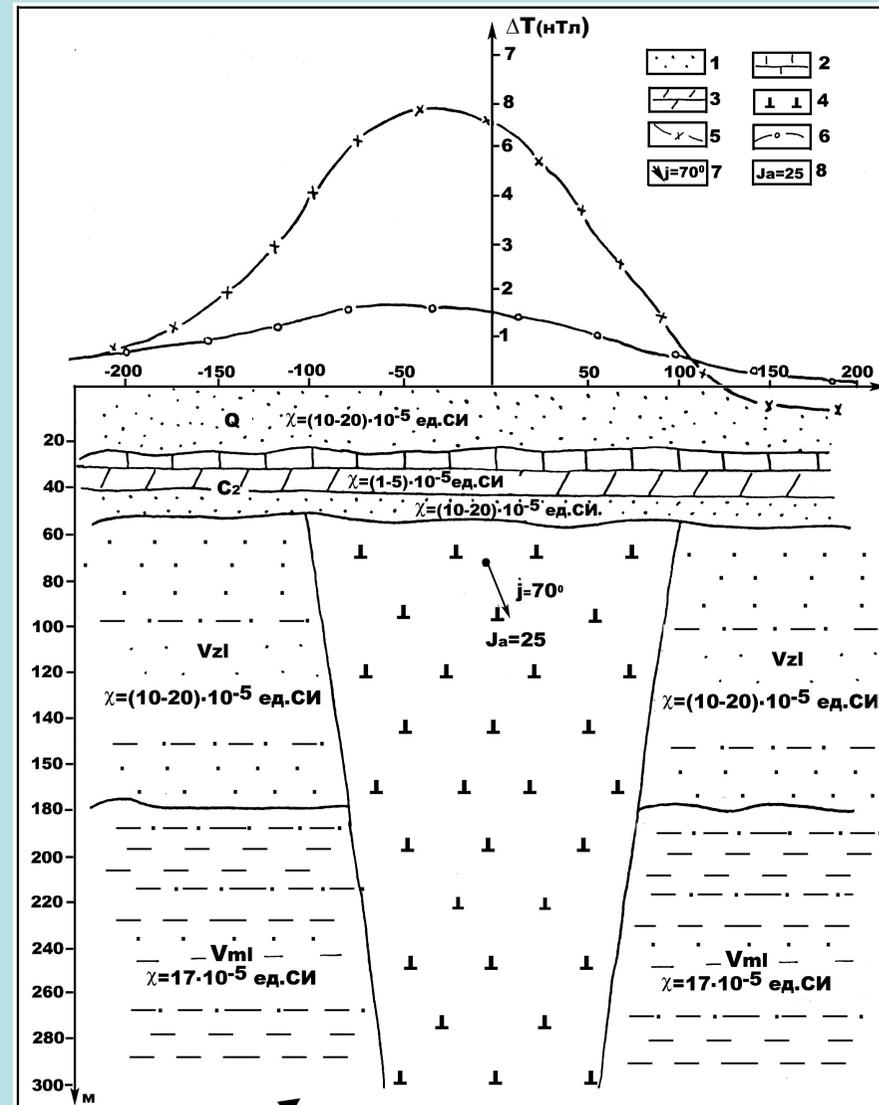
**Обобщенная петромагнитная
модель трубки взрыва
Верхотинского поля**

Q – четвертичные отложения; C_{2ur} - урзугская свита карбона; Венд: Vpd - падунская свита; Vmz – мезенская свита; Vup – усть-пинезжская свита; R – рифей; ARbl - беломорский комплекс архея; nD₃-C₂ – туфогенно-осадочные толщи трубок взрыва; iD₃-C₂ - ксенотуфобрекчии; i₂D₃-C₂ - автолитовые кимберлиты
Условные обозначения: 1 – геологические границы; 2 – петрофизические границы; 3 – отдельные прослои с $\chi = (80-320) \times 10^{-5}$ ед. СИ; 4 – пески, песчаники; 5 – алевролиты; 6 – аргиллиты; 7 – туфопесчаники, туффиты; 8 – ксенотуфобрекчии; 9 – автолитовые брекчии; 10 – дайки порфировых кимберлитов; 11 – гранито-гнейсы

**Чем перспективнее трубка взрыва, тем МЕНЬШЕ ИНТЕНСИВНОСТЬ
МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ**



Обобщенная петромагнитная модель трубки взрыва базальтоидного комплекса



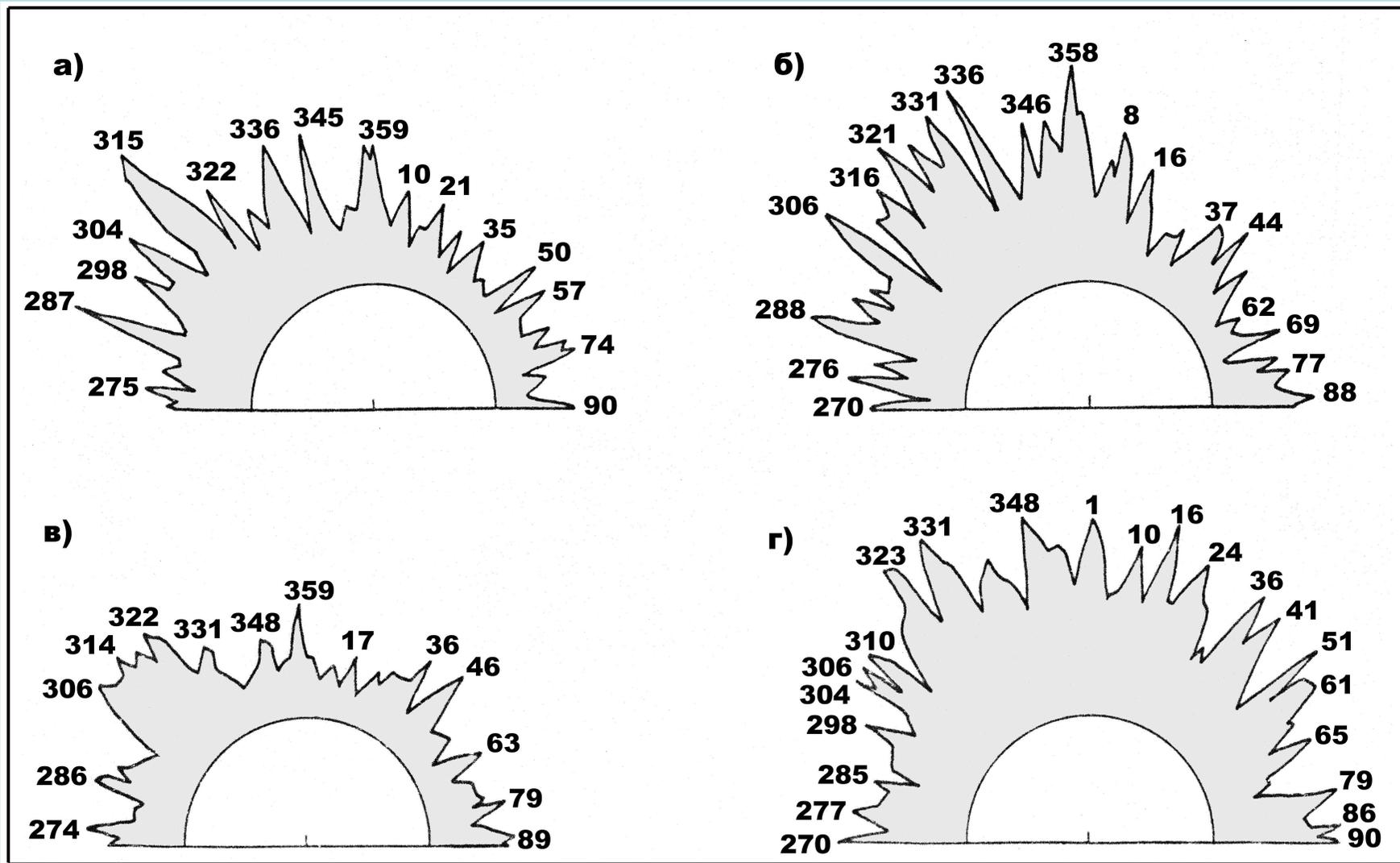
Гипотетическая петромагнитная модель автолитовой трубки взрыва

Q – четвертичные отложения; C2 – породы среднего карбона; венд: Vz1 - золотицкие слои; Vml – мельские слои
 1 – пески, песчаники; 2 – известняки; 3 – доломиты; 4 – автолитовая брекчия; 5 – расчетная кривая ΔT_a (уровень дневной поверхности); 6 - расчетная кривая ΔT_a (уровень 100 м от дневной поверхности); 7 – наклонение вектора суммарной намагниченности; 8 – величина суммарной намагниченности $(J_i + J_n) \times 10^{-3} \text{ A/m}$

Схема районирования юго-восточного Беломорья для статистической обработки данных

- 1 – Онежский п-ов; 2 – Зимнебережный район; 3 – Мезенский района;
4 – Онежского полуострова

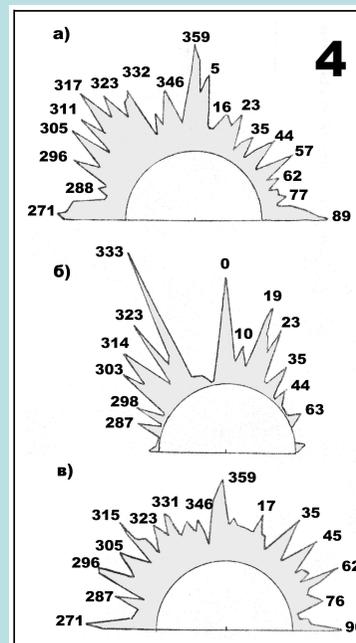
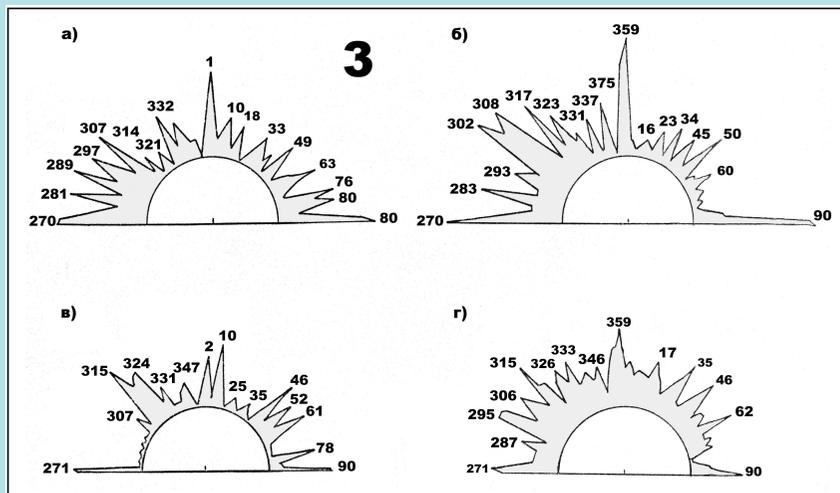
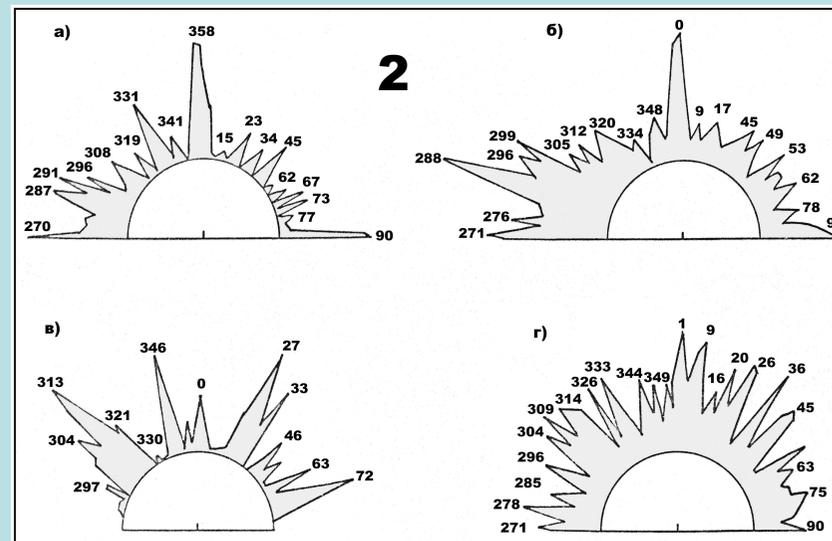
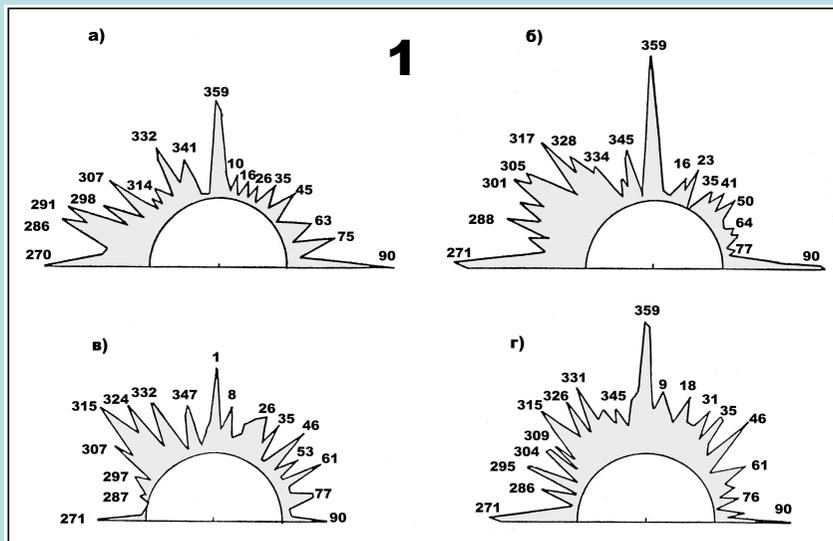




Розы-диаграммы элементов-индикаторов разломов:

а) поля силы тяжести; б) магнитного поля; в) космофотолинеаментов; г) гидросети

Розы-диаграммы элементов-индикаторов разломов: 1-Юго-восточного Беломорья; 2 – Зимнебережного района; 3 – Мезенского района; 4- Онежского полуострова



а) поля силы тяжести; б) магнитного поля;
в) космофотолинеаментов; г) гидросети

**В результате анализа
комплекса
геофизических
данных и данных ДЗЗ
в регионе реально
выделить практически
все тектонические
нарушения
фундамента и дать им
достаточно четкую
классификацию.**

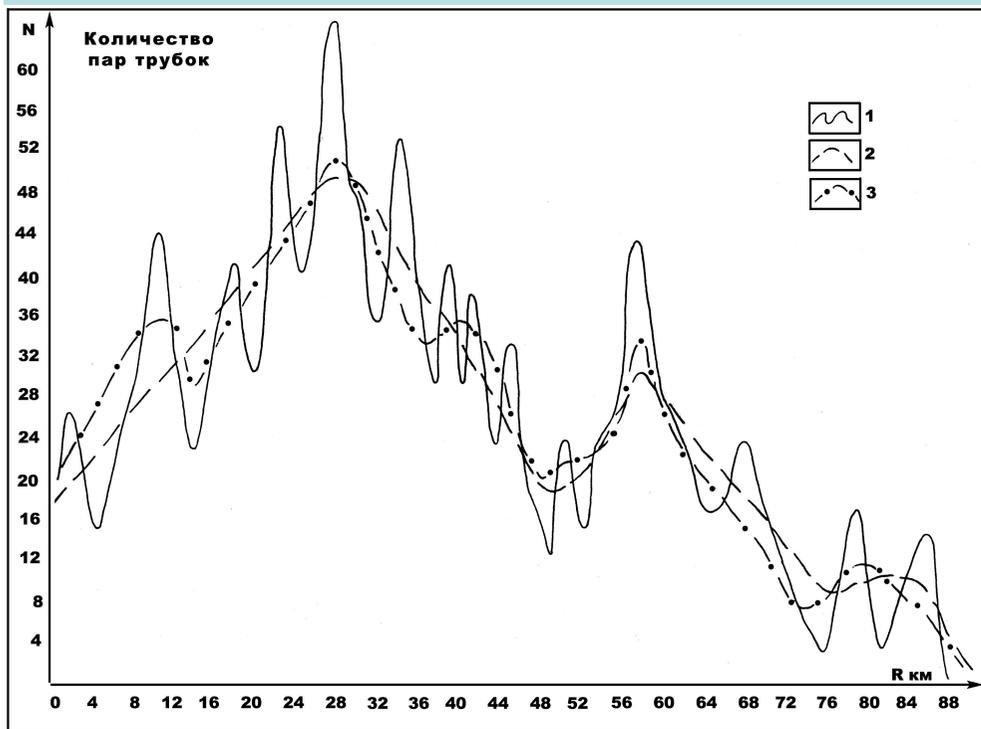
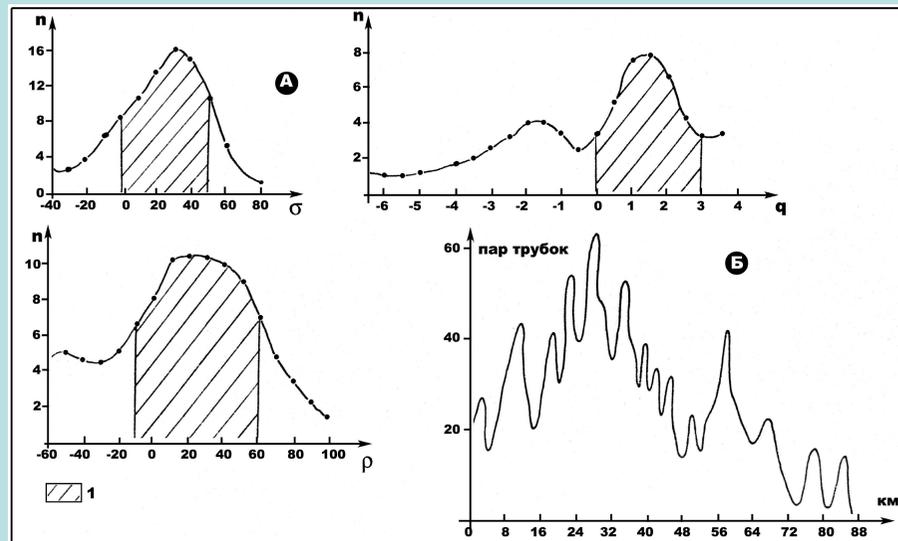


График спектра парных расстояний между трубками взрыва (Кутинов, Чистова, 2004)

1 – кривая спектра парных расстояний; 2, 3 – сглаженные кривые спектра парных расстояний



Поисковые признаки кимберлитовых полей (Кутинов, Чистова, 2004)

А – графики распределения значений гидросети: плотности (n); изотропности (q); специфичности (p); n – количество трубок взрыва; Б – спектр парных расстояний между трубками взрыва

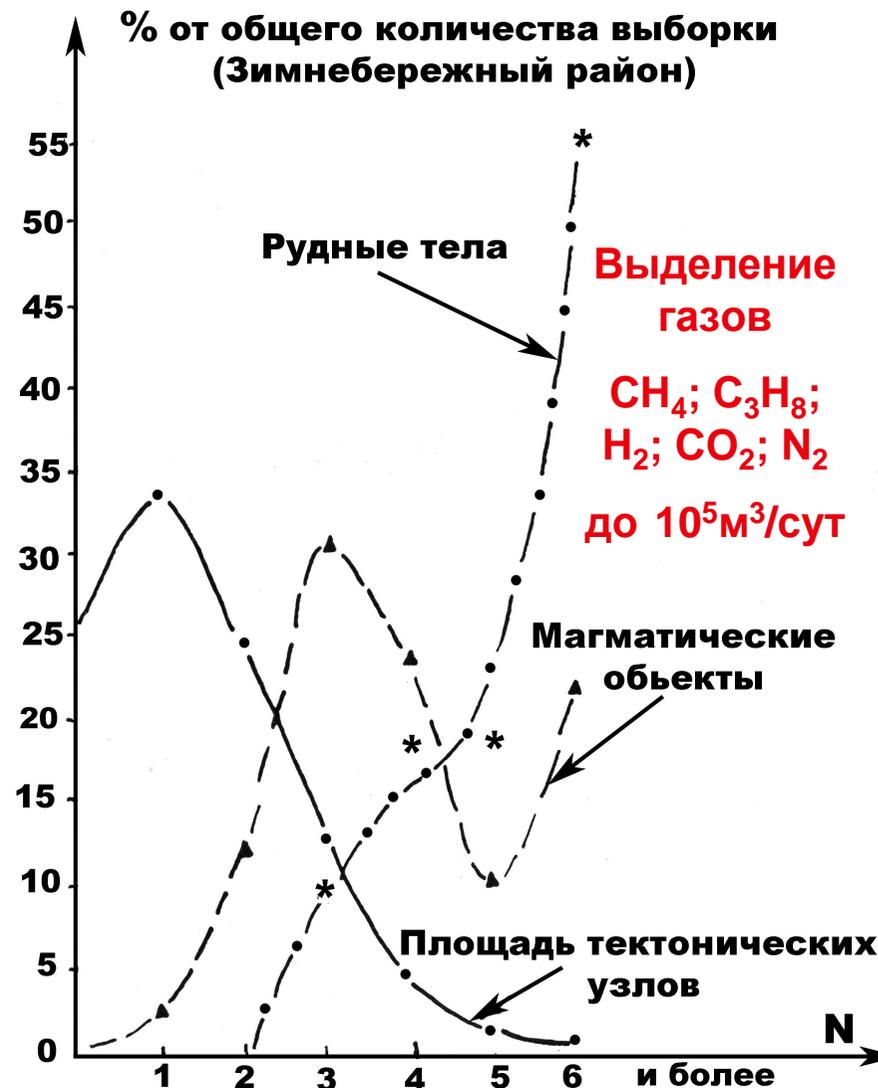
1 – интервал значений, принятый как перспективный при прогнозировании

Распределение трубок взрыва в тектонических узлах

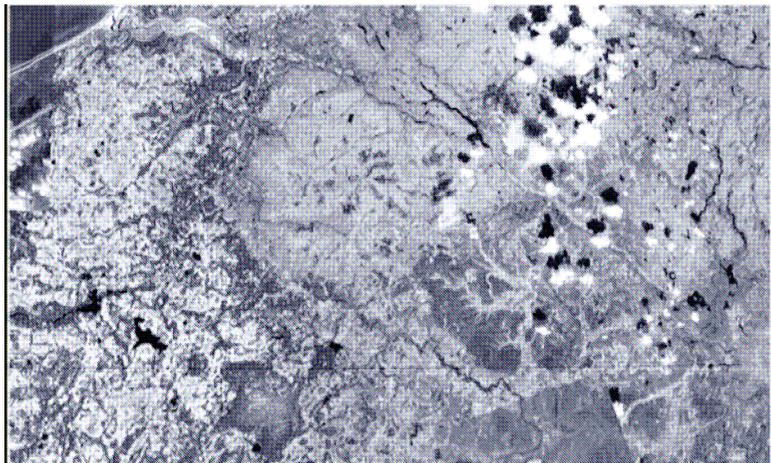


N - количество пересечений в тектонических узлах

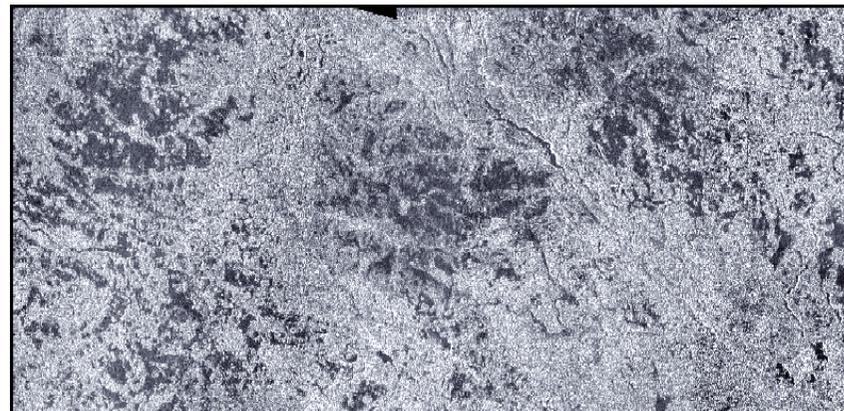
n - количество трубок, нормированное на площадь тектонических узлов.



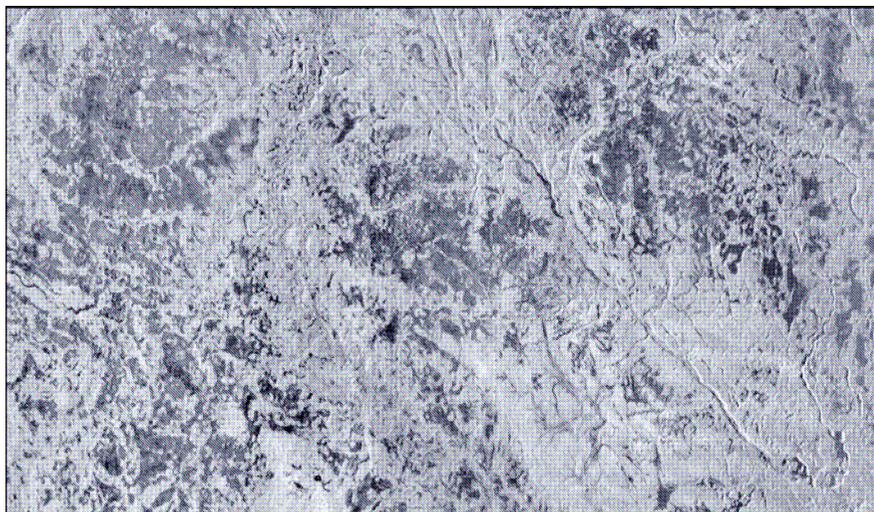
Оптическое и радиолокационные изображения района алмазоносных месторождений (р. Золотица)



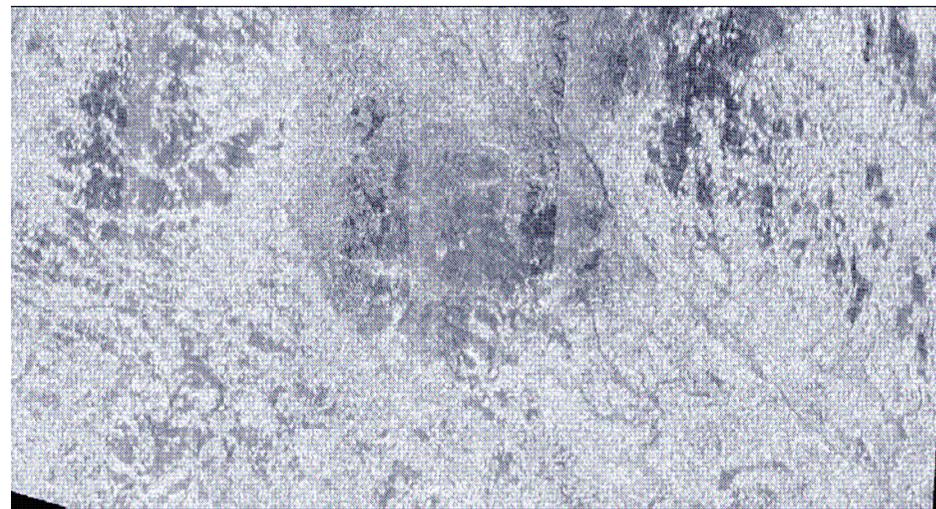
Оптическое изображение района алмазоносных месторождений (р. Золотица)



Радиолокационное изображение (МЛРК «МАРС», сантиметровый диапазон)



Радиолокационное изображение (МЛРК «МАРС», дециметровый диапазон)



Радиолокационное изображение (МЛРК «МАРС», двухметровый диапазон)

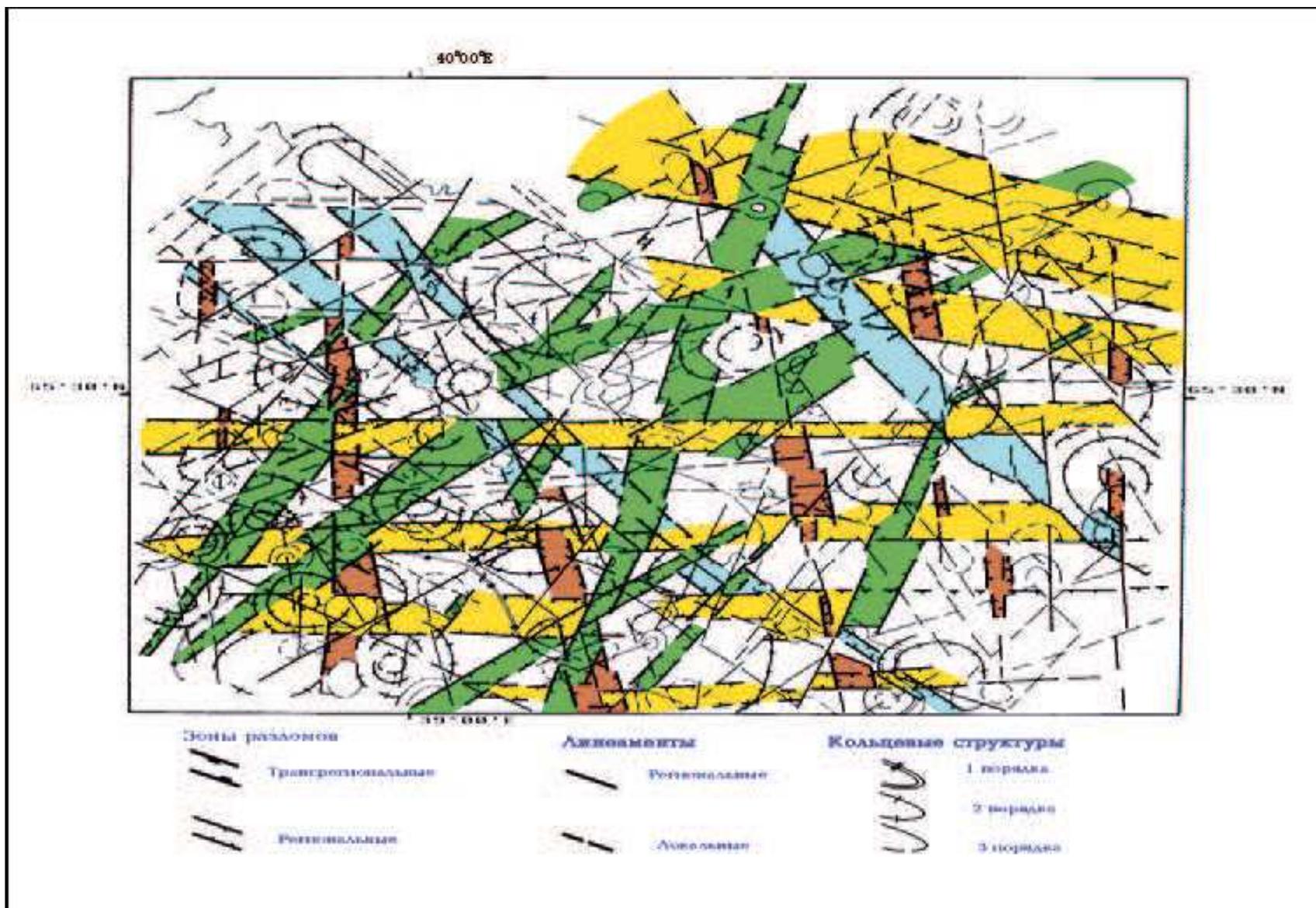


Схема геологической структуры района по многочастотной радиолокационной информации (Цымбал и др., 2010)

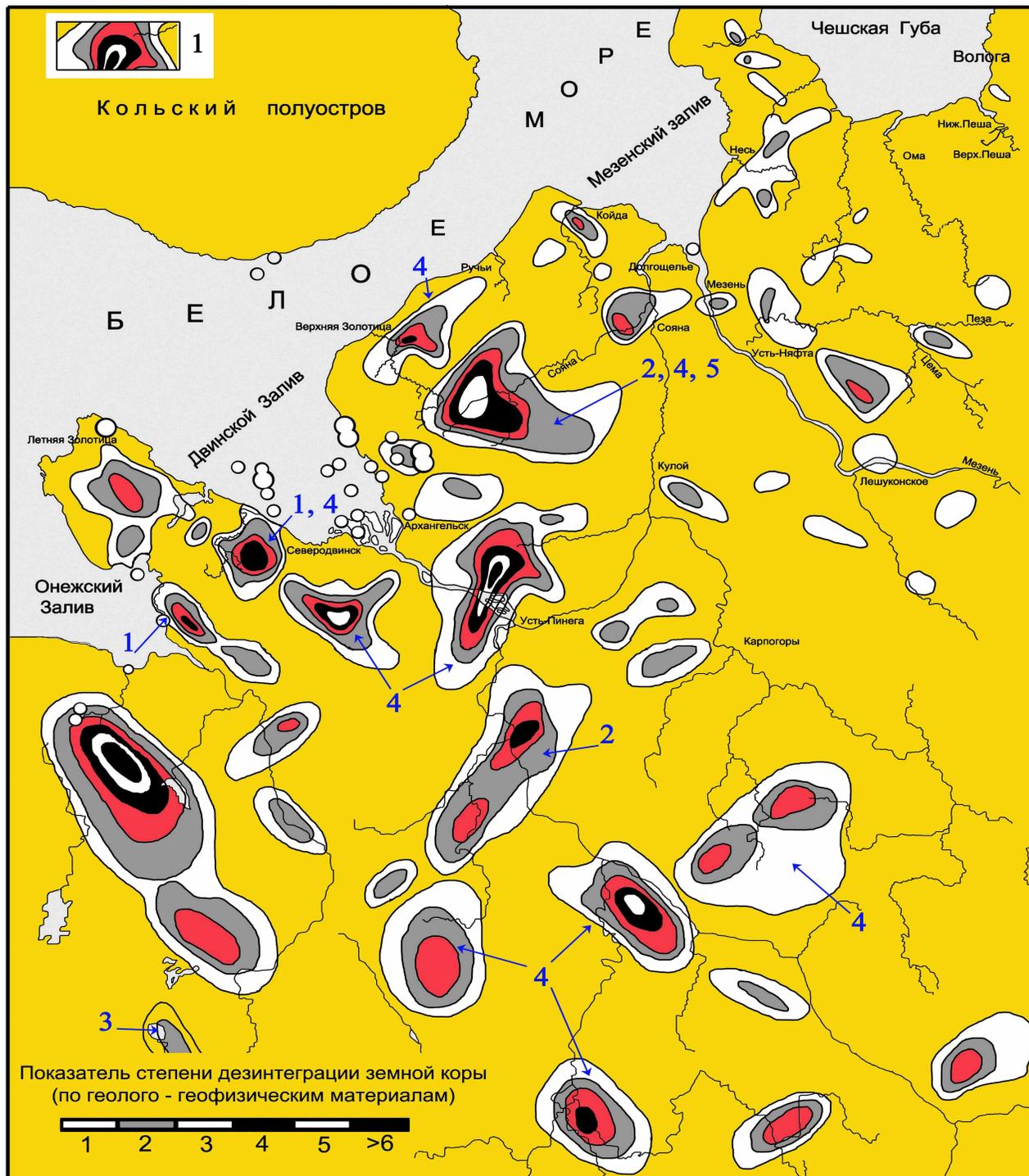


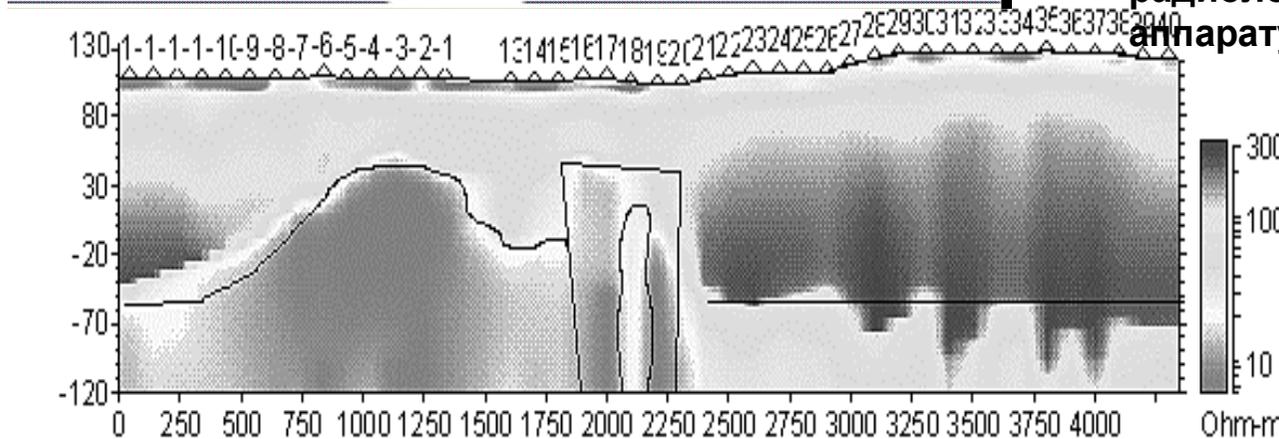
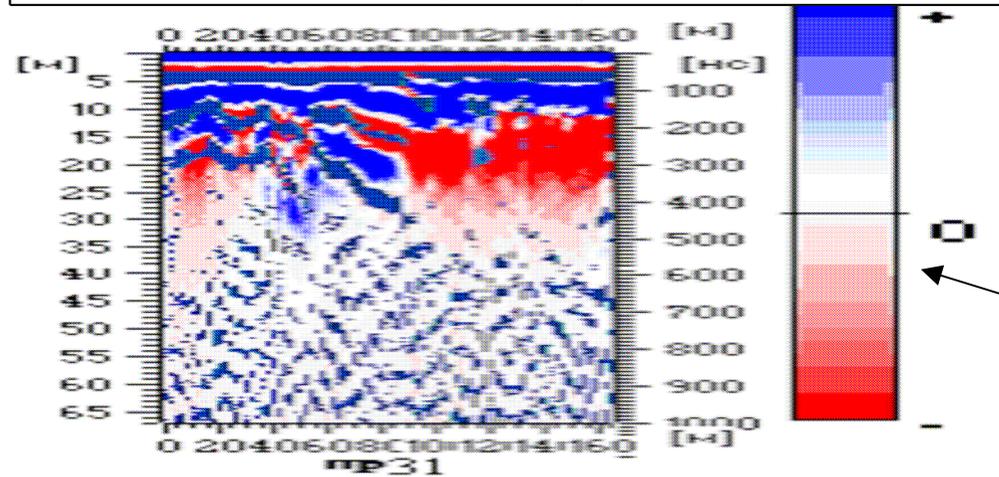
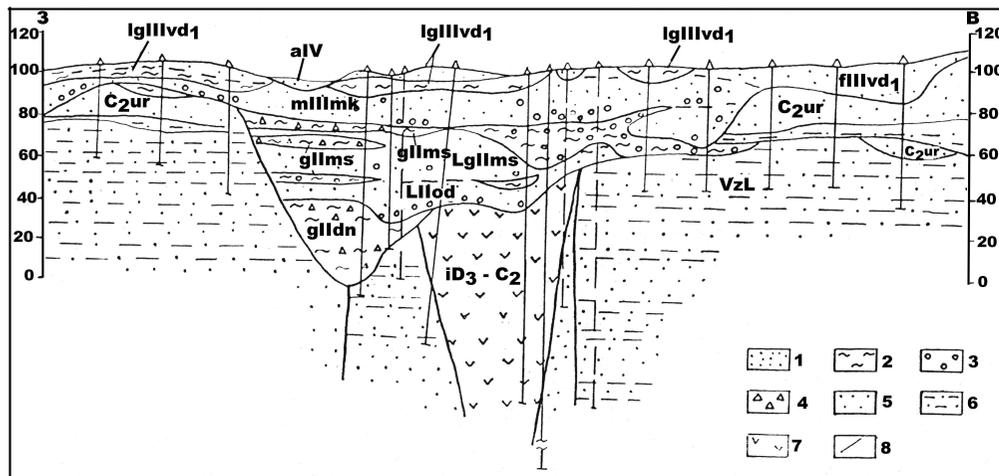
Схема размещения тектонических узлов

Условные обозначения:

1 – изолинии плотности
тектонических нарушений

Цифры на рисунке:

- 1 – места гибели морских звезд;
- 2 – места повышенной дихотомии деревьев и повышенного содержания тяжелых металлов в коре деревьев;
- 3 – места массовой гибели рыб;
- 4 – участки с повышенным содержанием тяжелых металлов в почвах;
- 5 – участки изменения структуры растительного покрова.

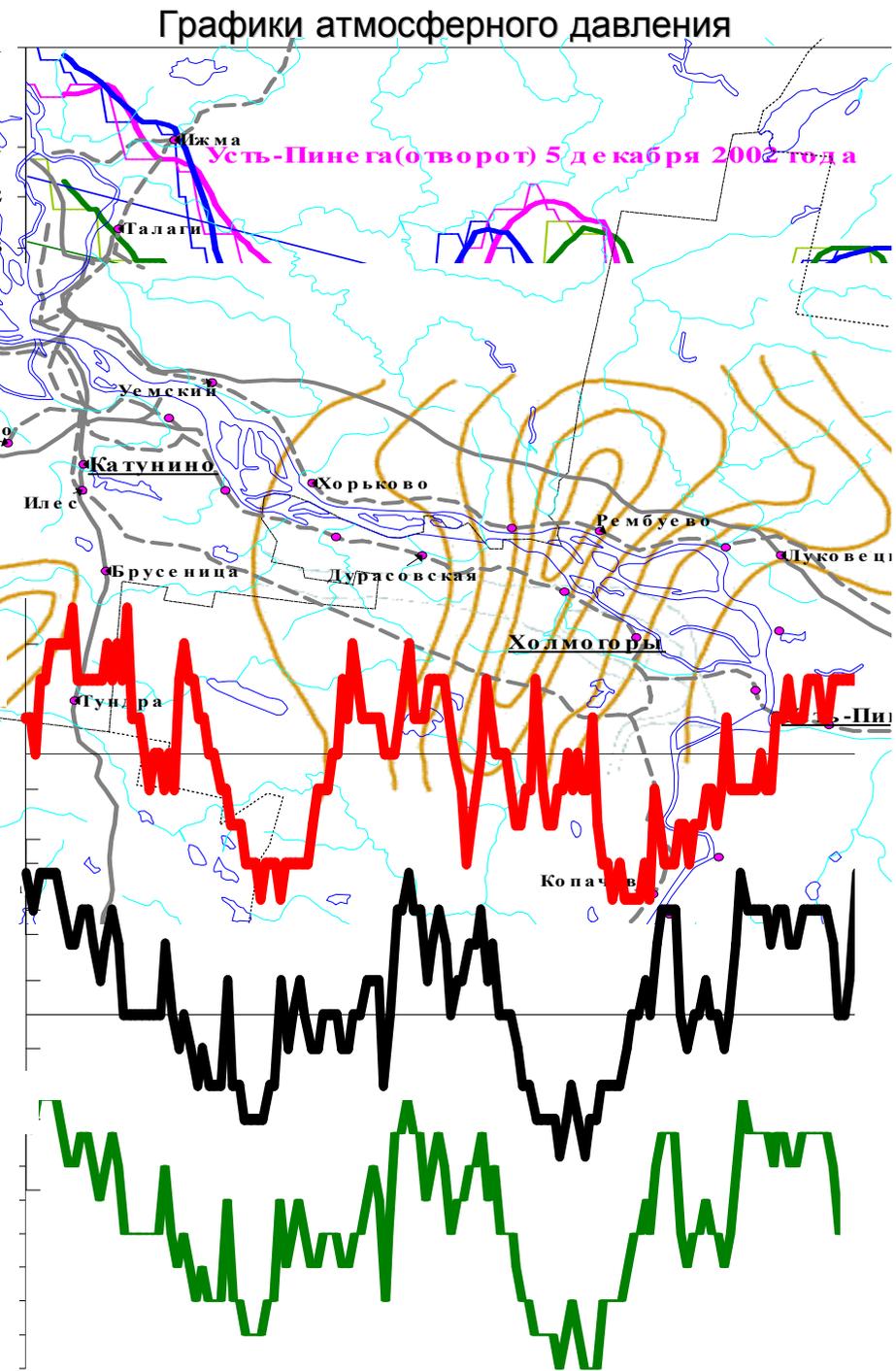
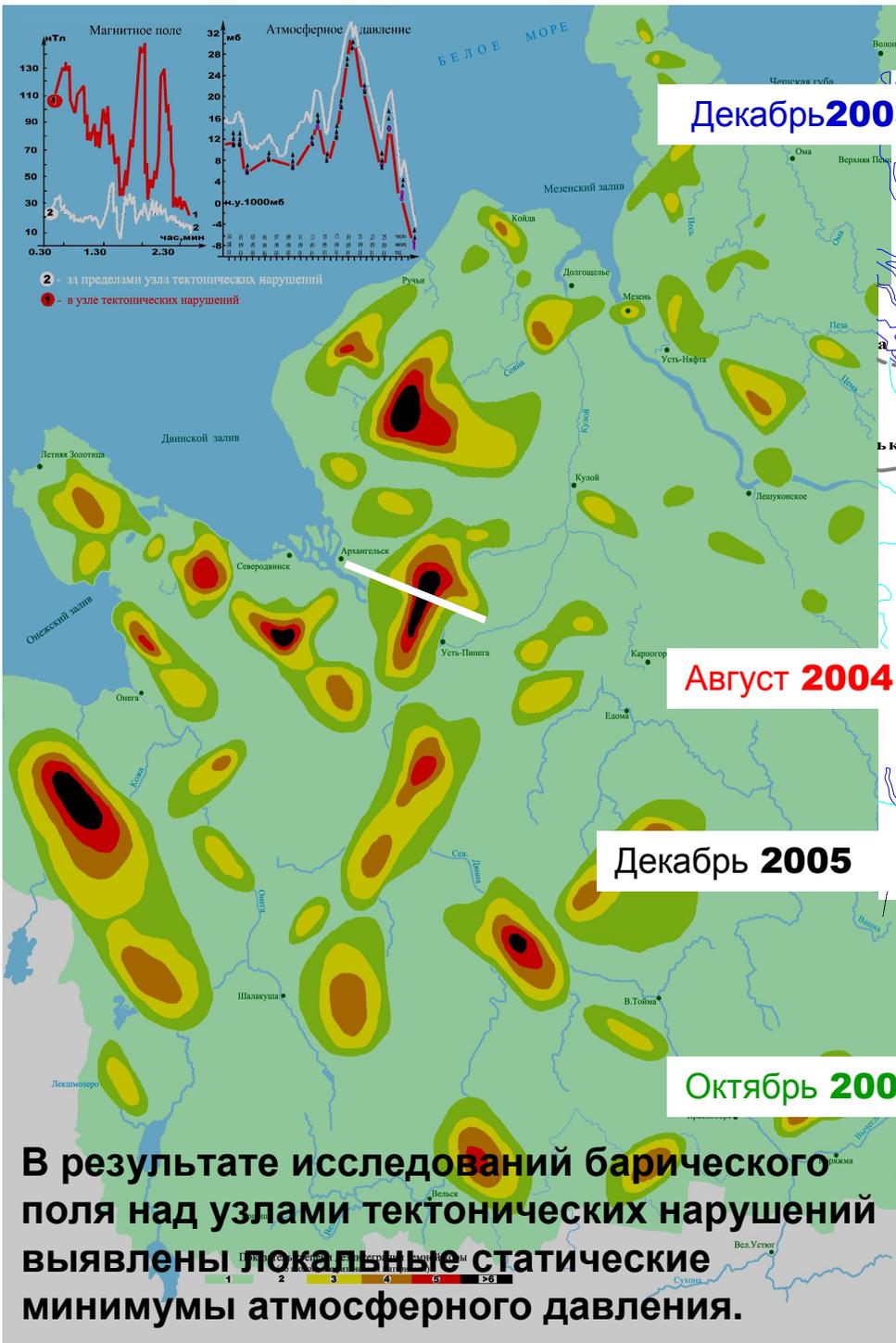


Геологический разрез

aIV – современное звено. Аллювиальные отложения; Нижневалдайский горизонт: lgIIIvd1 – ледниково-озерные отложения; fIIIdv1 – флювиогляциальные отложения; mIIImk – микулинский горизонт, морские отложения; московский горизонт: gIIImS – ледниковые отложения; lgIIImS – озерно-ледниковые отложения; lgIIId – одинцовский горизонт, озерные отложения; gIIIdn – днепровский горизонт, ледниковые отложения; C₂ur – средний карбон, урзугская свита; VzL – венд, падунская свита, золотицкие слои; iD₃-C₂ – трубка взрыва

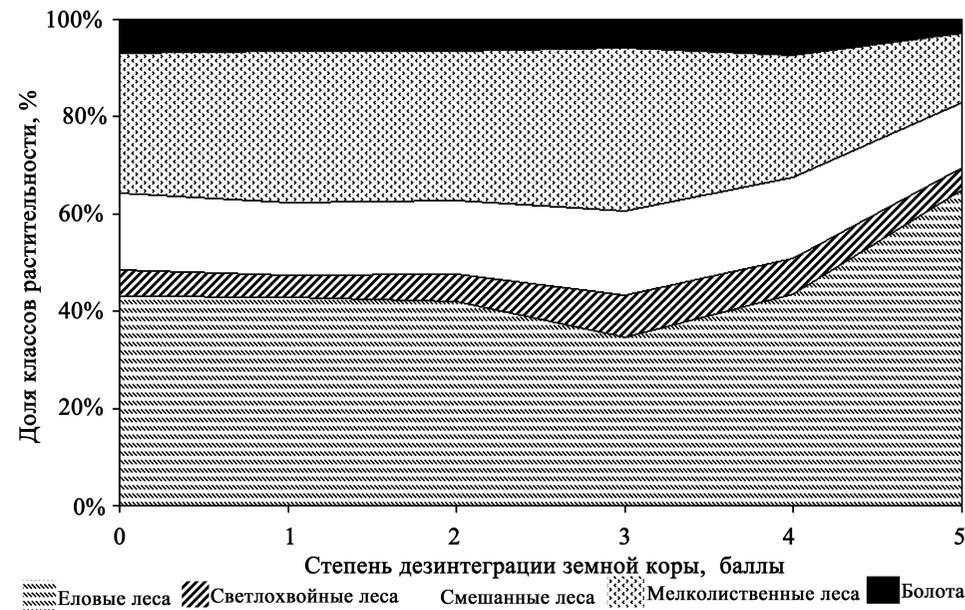
1 – песок; 2 – суглинок; 3 – галечник; 4 – щебень; 5 – песчаник; 6 – алевролит; 7 – кимберлит; 8 – тектонические нарушения.
 - Вертикальный разрез на полигоне «Белая» Беломорско-Кулойского плато по данным радиолокационных измерений с аппаратурой ГРОТ-12.

- Геоэлектрический разрез-трансформация (венд-палеозойский осадочный чехол)





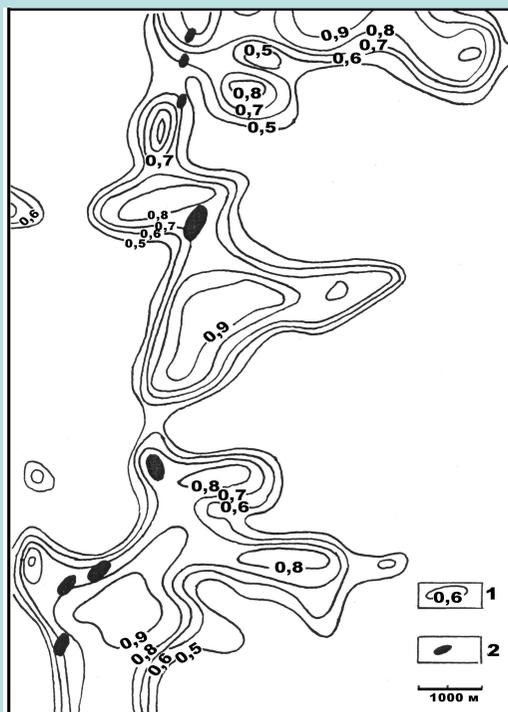
Пример дихотомии деревьев в Хаврогорском атмосферном

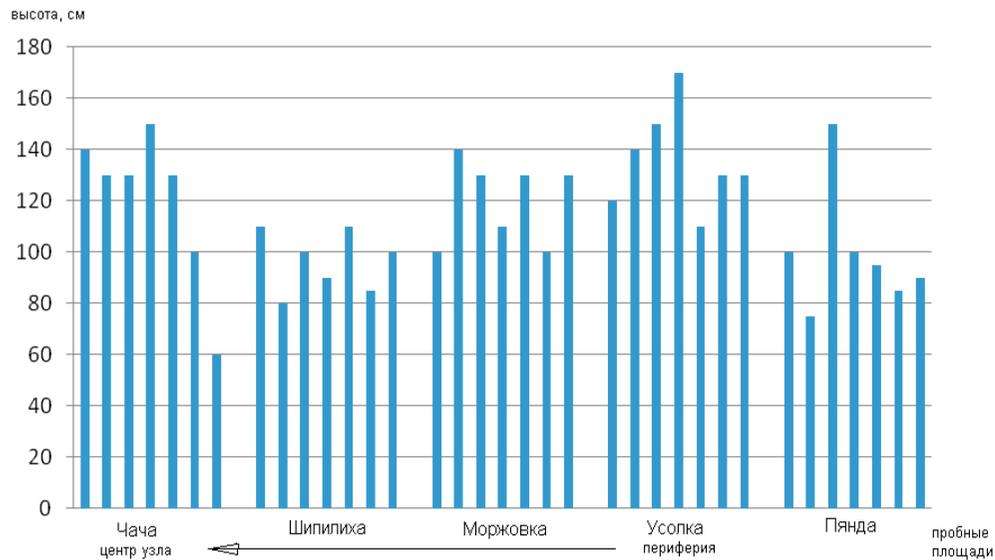


Изменение площадной структуры растительного покрова (%) в зависимости от степени дезинтеграции земной коры (баллы) на территории Беломорско-Кулойского плато

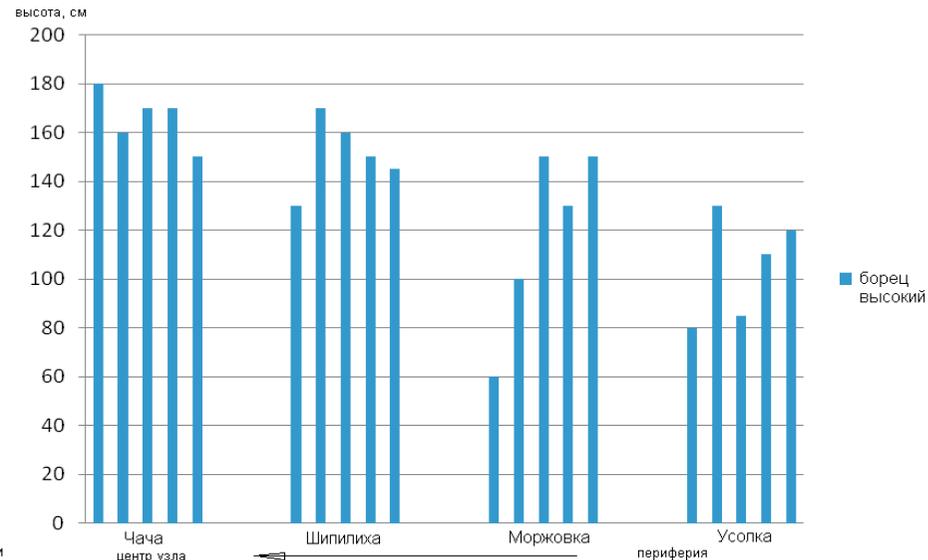
(подток CO_2 ?)

1 – изолинии значений коэффициента корреляции; 2 – трубки взрыва
Характер распределения корреляции между Mn и Zn в коре деревьев Золотицкой группы тел

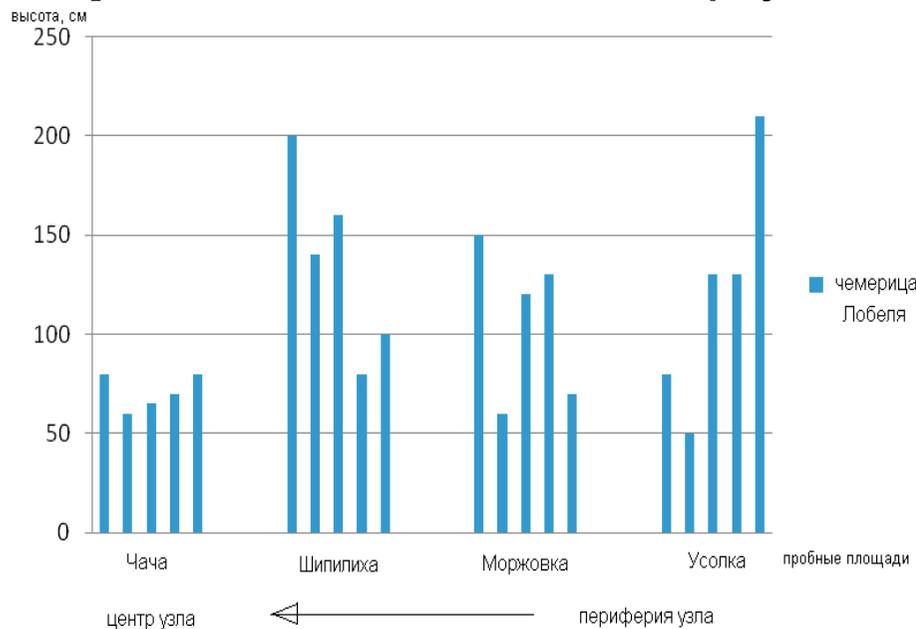




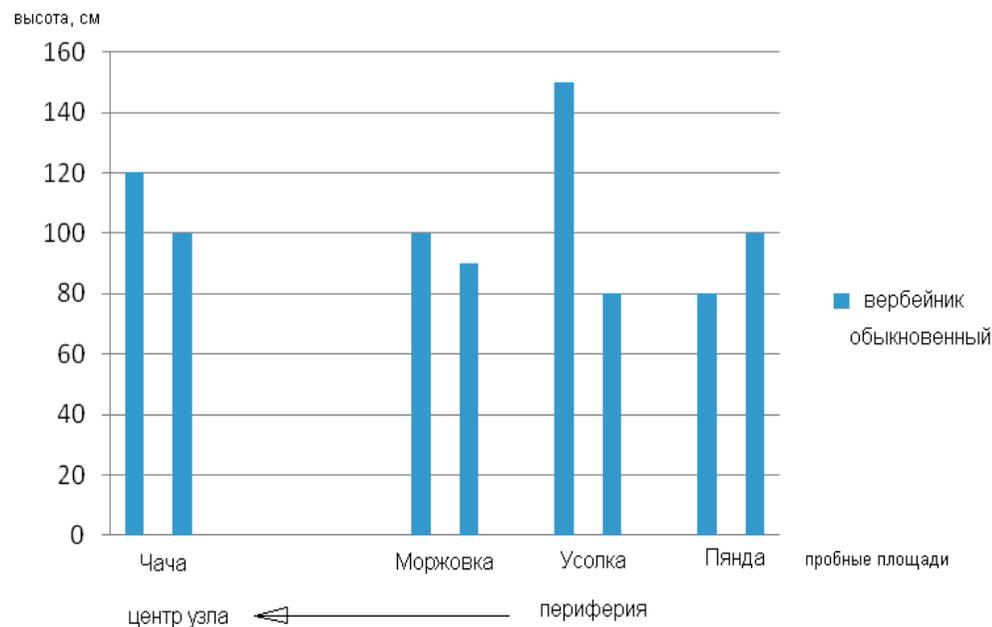
Изменение высоты таволги вязолистной (*Filipendula ulmaria* Maxim. (L.)) от центра узла к



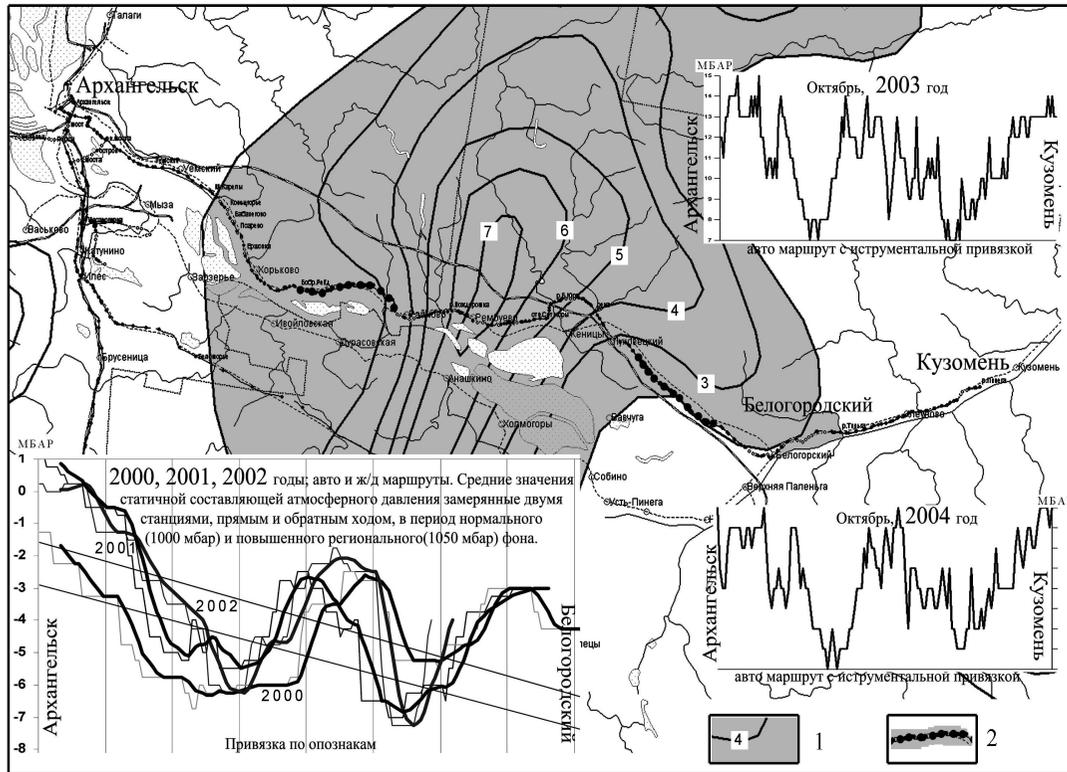
Изменение высоты аконита (*Aconitum septentrionale* Koelle) от центра узла к периферии



Изменение высоты чемерицы Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh.) от центра узла к периферии



Изменение высоты вербейника обыкновенного (*Lysimachia vulgaris* L.) от центра узла к периферии



| Год | К-во осадков, раз | | К-во осадков, кг/м ² | |
|------|-------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| | Центр | Периферия | Центр | Периферия |
| 2007 | 34/53 | | 129,5/175,7 | |
| 2008 | 25/52 | | 94,1/110,0 | |
| 2009 | 20/38 | | 59,2/81,0 | |

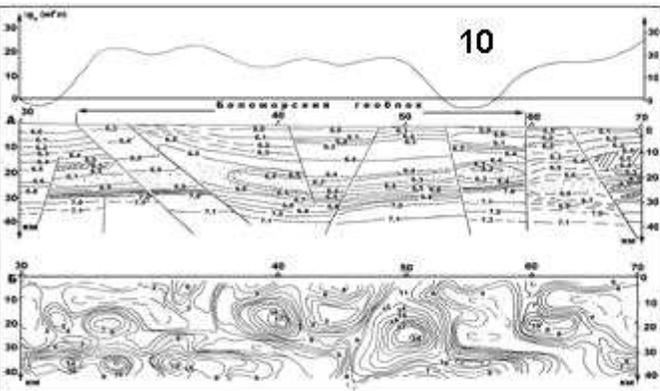
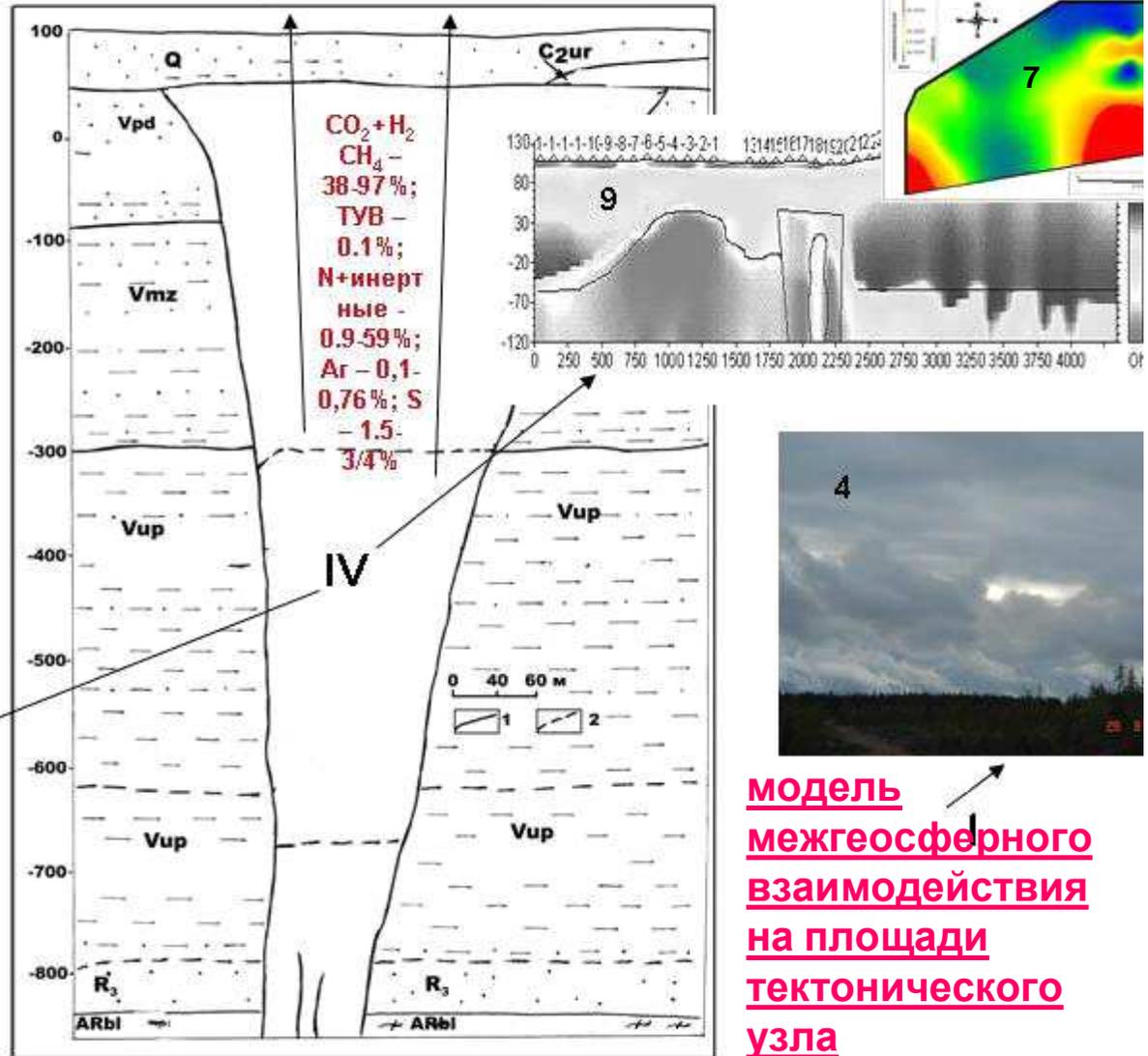
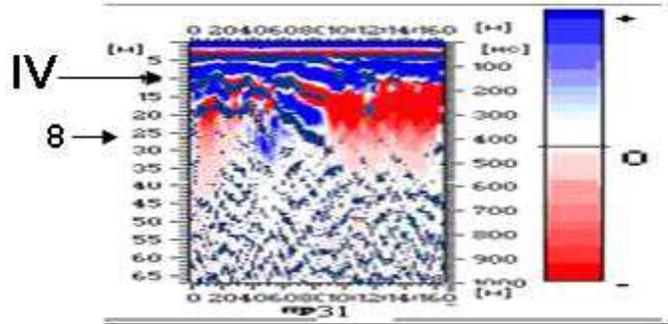
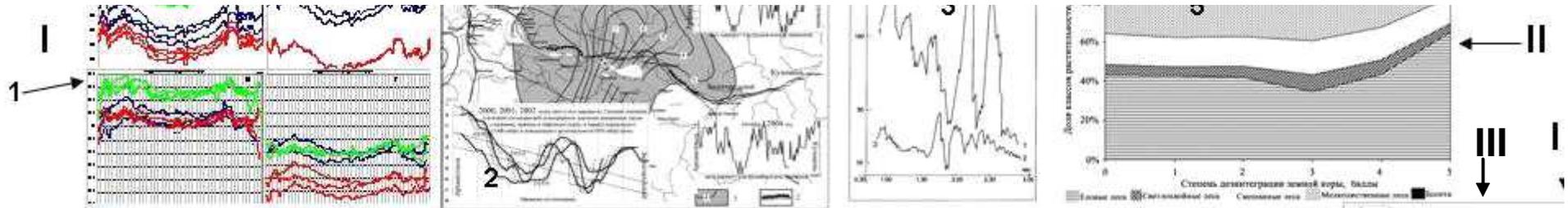
По вертикальной шкале на графиках – приращение атмосферного давления в мбар
 1 – изолинии плотности тектонических нарушений на площади тектонического узла; 2 – участки резкого понижения значений атмосферного давления
 Строение статичных атмосферных минимумов в тектоническом узле



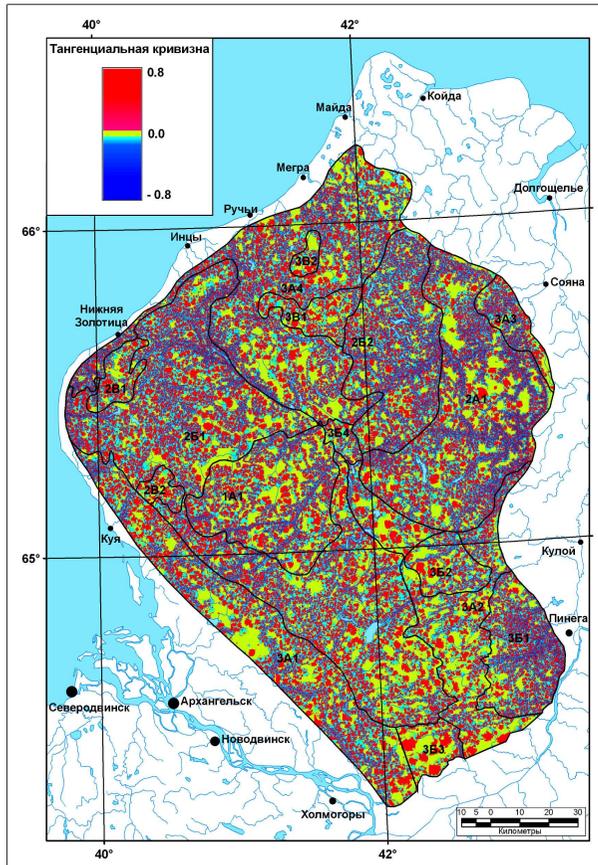
Структура облачности на Хаврогорском атмосферном минимумом

A landscape photograph showing a dirt road leading towards a horizon under a dramatic sky. The sky is filled with a low, horizontal layer of clouds, illuminated from below, creating a warm orange and yellow glow. The upper part of the sky is a clear, pale blue. The foreground is dark, with the silhouettes of trees and bushes along the road. The overall scene is captured during twilight or dawn.

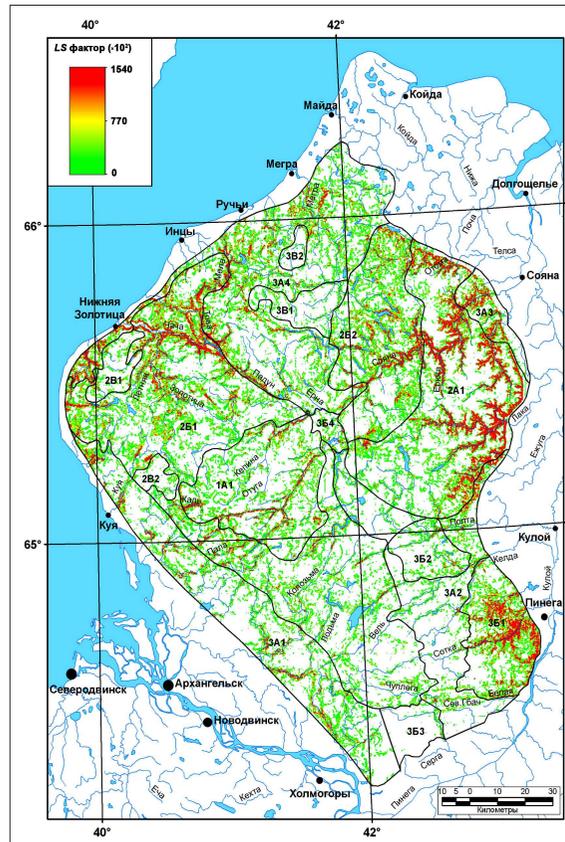
Облака над атмосферным минимумом (район Пинеги)



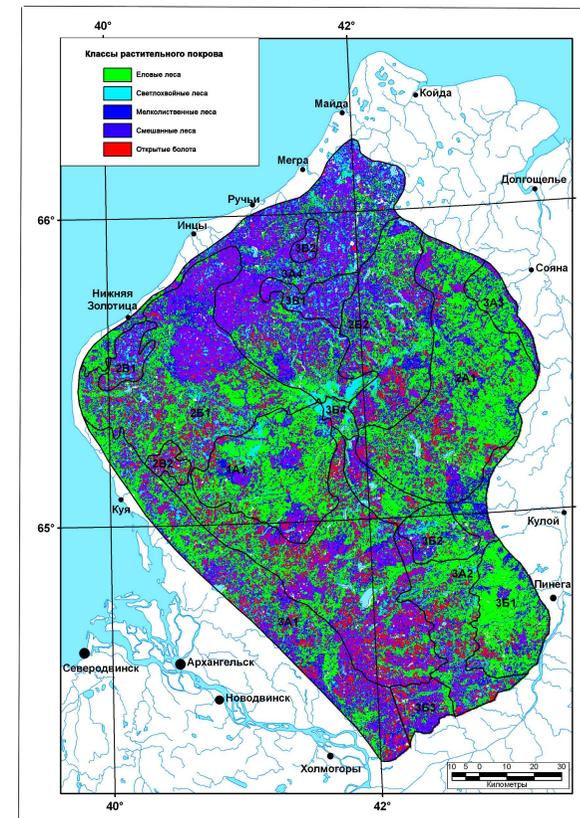
модель межгеосферного взаимодействия на площади тектонического узла



Обзорное изображение расчетной модели распределения значений тангенциальной кривизны поверхности (dyu) Беломорско-Кулойского плато (Гофаров и др., 2006)



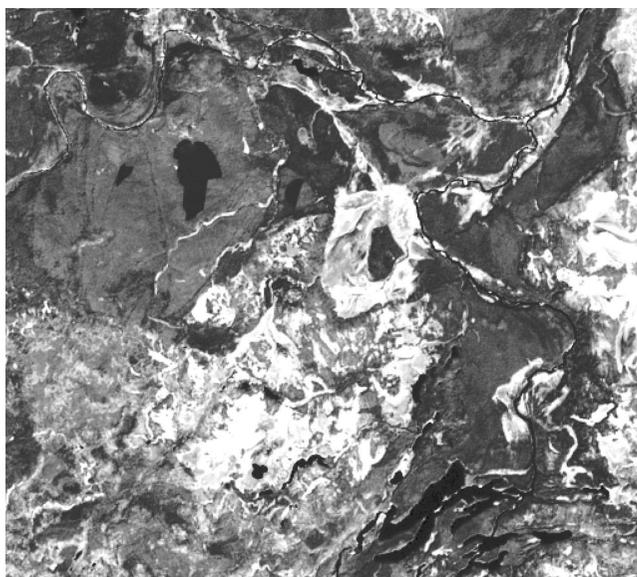
Обзорное распределение расчетной модели распределения значений LS -фактора на территории Беломорско-Кулойского плато (Гофаров и др., 2006)



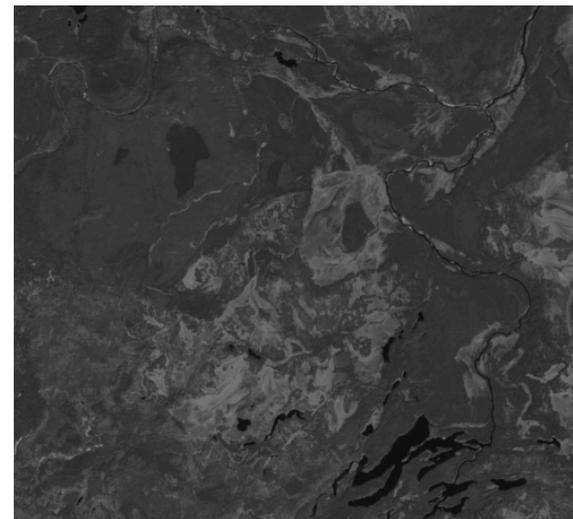
Обзорное изображение модели растительного покрова Беломорско-Кулойского плато. Исходное разрешение 30x30 м (Гофаров и др., 2006)



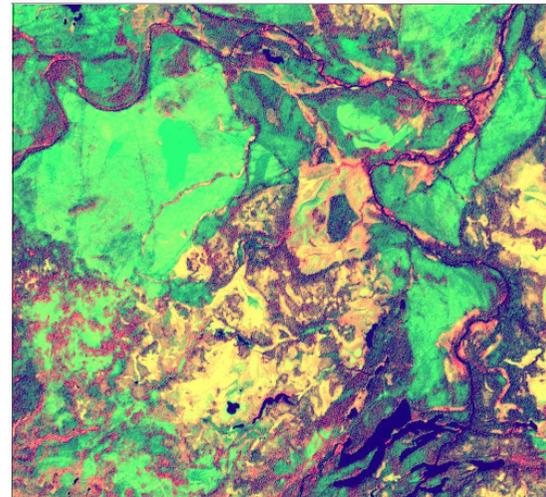
**Отображение участков юга Беломорско-Кулойского плато в результате антропогенной деятельности, на фрагменте обработанного летнего снимка «Landsat – 7» (композиция 3-го и 4-го каналов) (Гофаров и др., 2006):
А – вырубки; Б – мелиорированные болота**



Фрагмент летнего снимка спутника Landsat-7 (канал 4) с эквализированной гистограммой для центральной части Беломорско-Кулойского плато (Гофаров и др., 2006)



Фрагмент не обработанного летнего снимка спутника Landsat-7 (канал 4) для центральной части Беломорско-Кулойского плато (Гофаров и др., 2007)



Фрагмент летнего снимка Landsat-7 (композиция каналов 3 и 4) с эквализированной гистограммой и обработкой локальным фильтром низких частот для центральной части Беломорско-Кулойского плато (Гофаров и др., 2006).

Предлагаемая методика прогноза включает: первый этап - выделение узлов пересечения разнорежимных тектонических нарушений, совпадающих с региональными участками повышенной дисперсии потенциальных полей; второй этап - выделение в их пределах узлов пересечений более высокого ранга, совпадающих с локальными участками повышенной дисперсии потенциальных полей; третий этап - разбраковка выделенных участков с учетом дополнительных признаков, таких как наличие минералов-спутников алмаза (пиропы, диопсиды и т.п.); наличие геохимических кимберлитовых элементов (титан, ванадий, никель, кобальт); наличие локальных магнитных аномалий. Данная методика является единой для всех уровней контроля кимберлитового магматизма: исследуя субпровинцию, на первом этапе выделяем районы, на втором и третьем - поля; исследуя район, на первом этапе выделяем поля, на втором и третьем - кусты и трубки узлы могут выделяться в материалах тепловой съемки аномалиями КТП (NOAA), иным типом растительности (преобладание еловых лесов, Landsat-7), повышенной увлажненностью почв по периферии, своеобразным рисунком гидросети, огибающим центр узла, особым типом облачности (Meteosat), возможно вертикальным столбом ионизированного воздуха и подтоком глубинных газов.