

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА В ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВ ЭКЗОГЕННОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ ЗИМБАБВЕ

А.Л. Минеев¹, П.А. Игнатов², С.А. Малютин², Е.В. Полякова¹, Ю.Г. Кутинов¹,
З.Б. Чистова¹, И.Н. Болотова¹

¹ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, г. Архангельск

²РГГРУ имени Серго Орджоникидзе, г. Москва



23 международная конференция
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

10 - 14 ноября 2025 г.
г. Москва

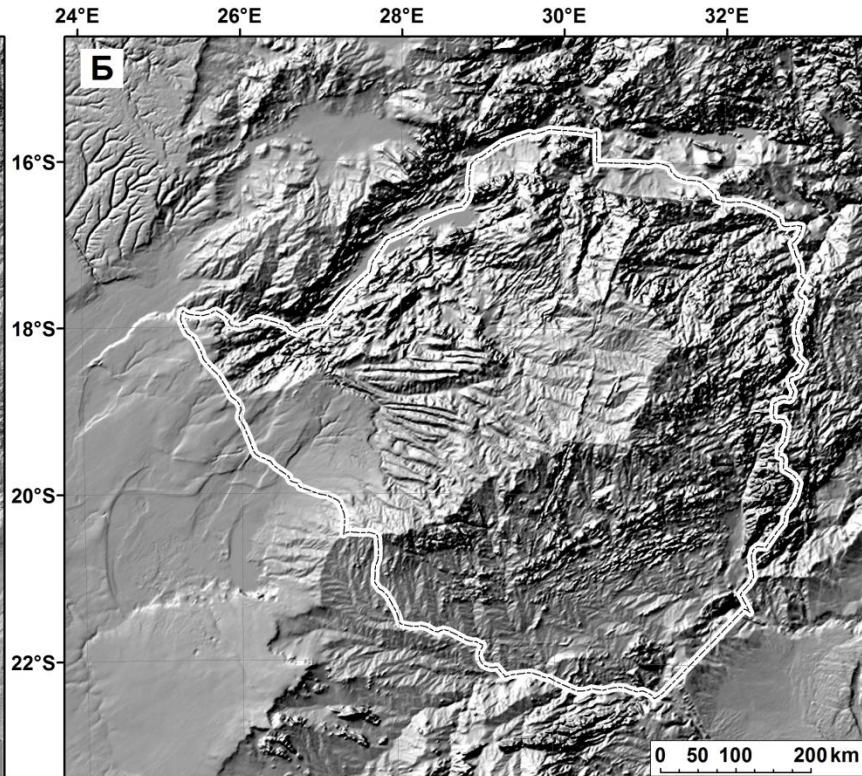
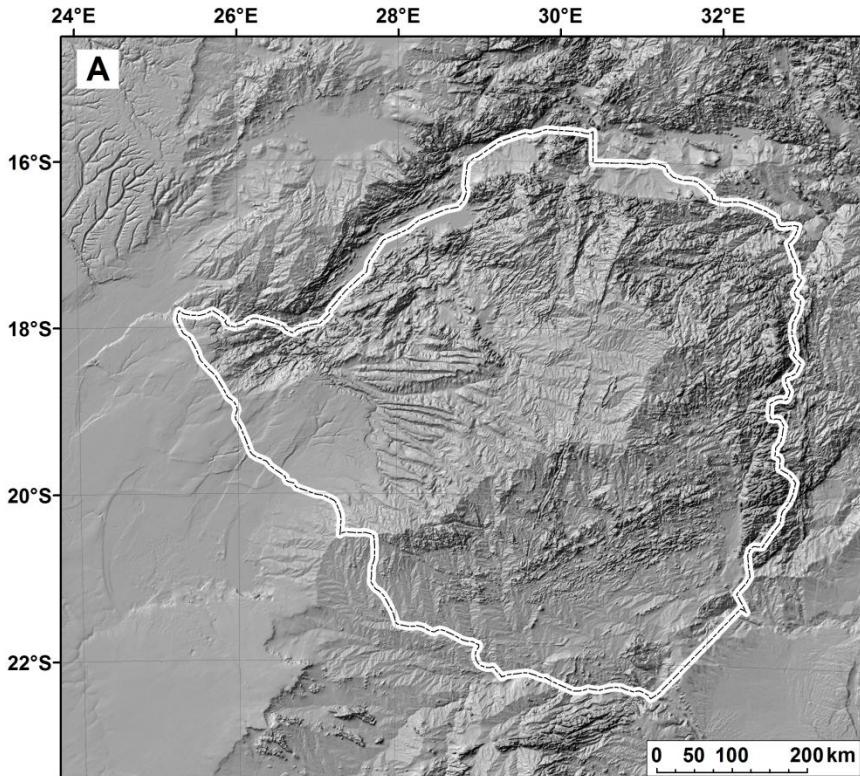
Введение и актуальность

- Зимбабве – страна с богатой эндогенной минерально-сырьевой базой.
- Экзогенные месторождения (россыпи, кора выветривания) изучены слабо, многие отработаны.
- Актуальна задача прогнозирования скрытых экзогенных месторождений.
- Цифровое моделирование рельефа (ЦМР) – мощный инструмент для решения этой задачи.

Материалы и методы (ЦМР)

Данные: SRTM (90 м). ПО: SAGA GIS.

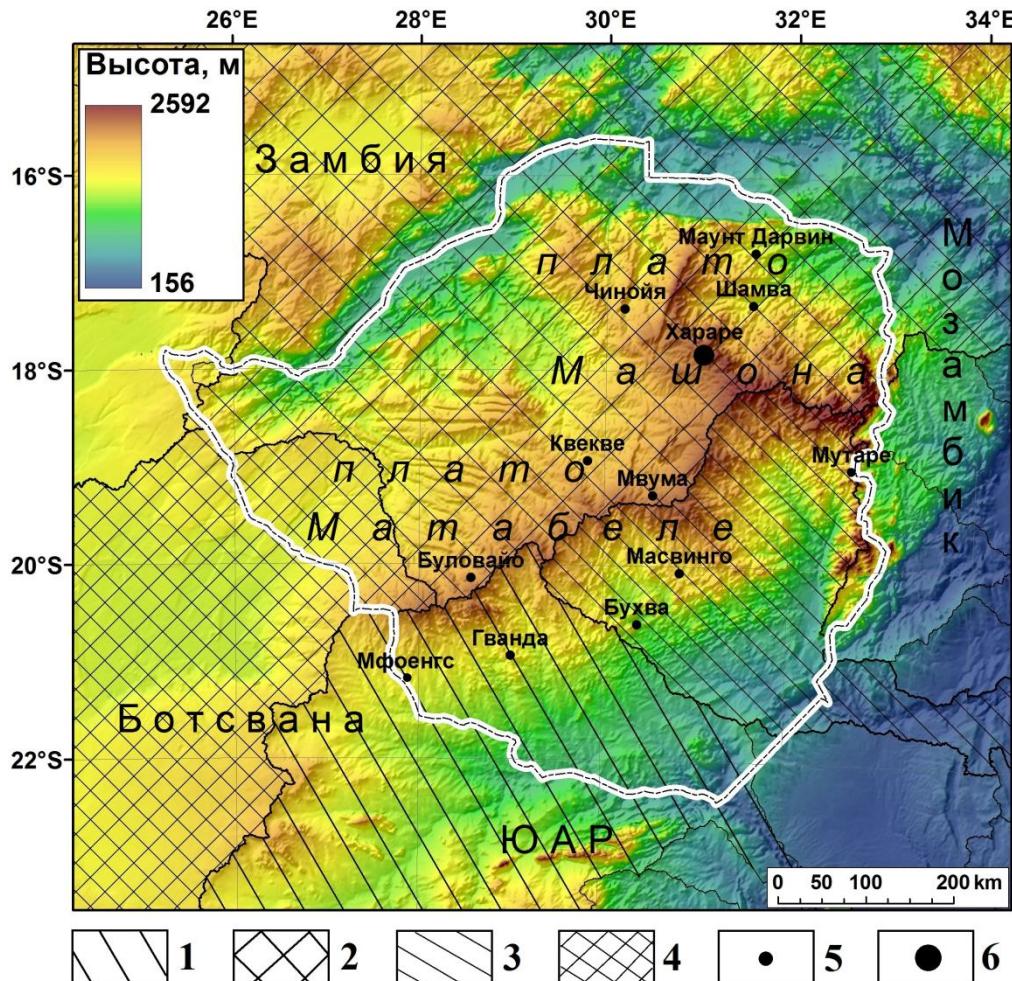
Этапы: Мозаика → Устранение шума → Апскейлинг до 1000 м.



Теневая отмыка рельефа:

А – на ЦМР с исходным разрешением (90 м),
Б – на ЦМР с разрешением 1000 м

Региональные геоморфологические особенности



Зимбабве на цифровой модели рельефа:

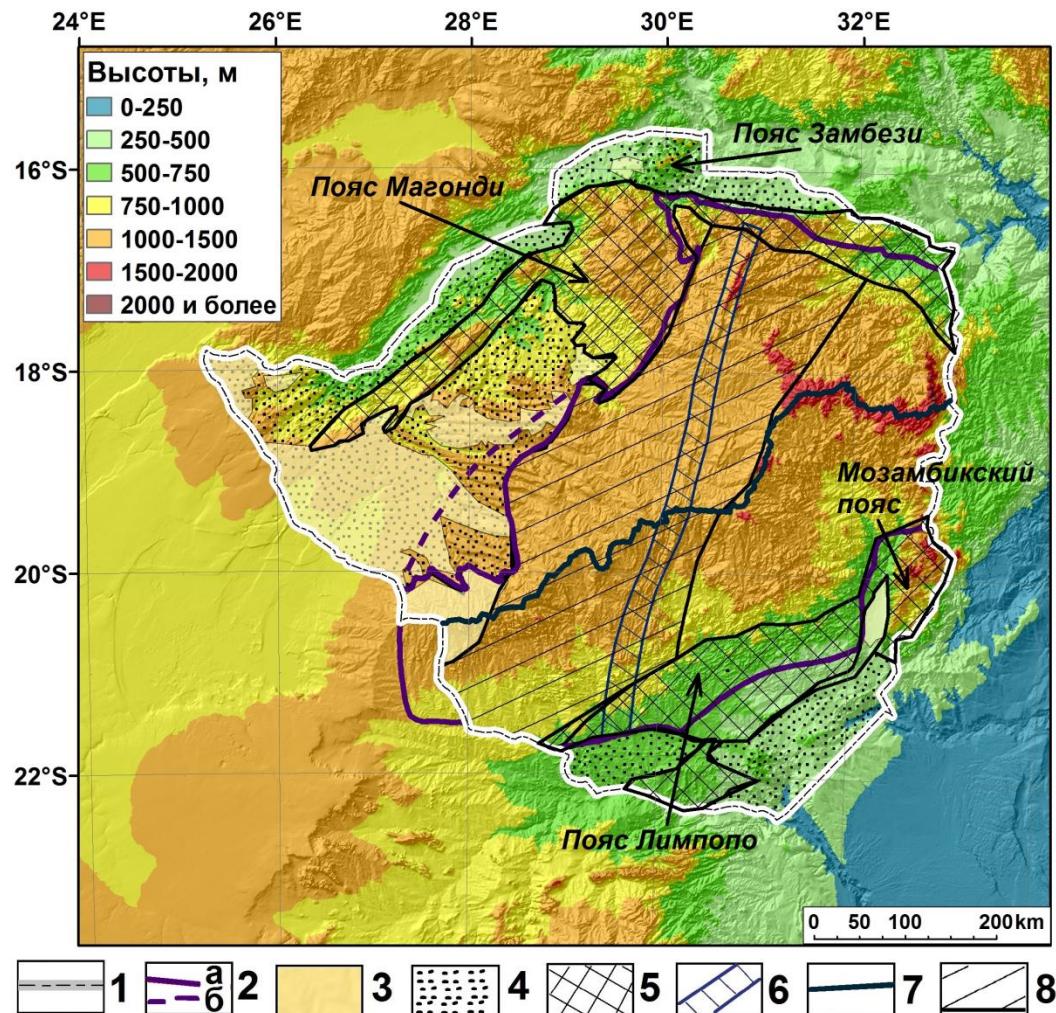
Водосборные бассейны рек:

- 1 – Лимпопо,
- 2 – Замбези,
- 3 – Саве,
- 4 – Ната;

Города:

- 5 – основные города,
- 6 – столица Хараре

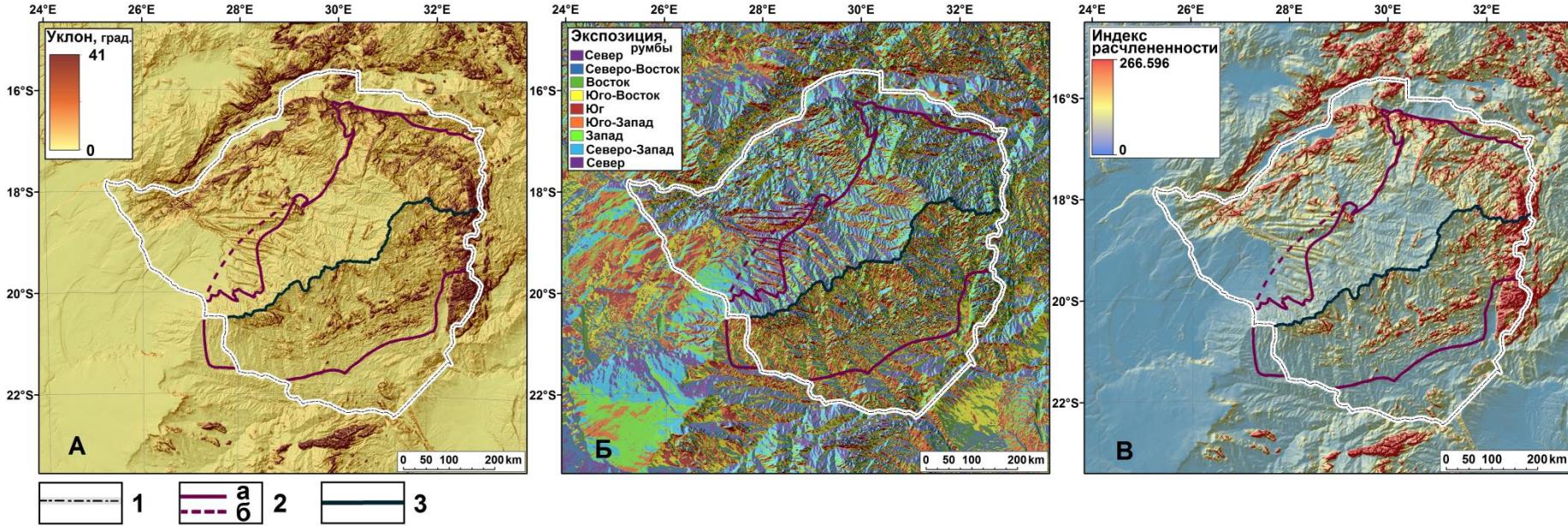
Связь рельефа и геологии



Интервалы высот (м) и геологическая схема территории Зимбабве:

- 1 – административная граница республики;
- 2 – граница архейского кратона Зимбабве:
 - а – основная,
 - б – перекрытая;
- 3 – четвертичные отложения;
- 4 – мезозойские отложения группы Кару;
- 5 – протерозойские мобильные пояса;
- 6 – Великая Дайка;
- 7 – главный водораздел;
- 8 – территория зимбабвийского рудного пояса, сложенная гранито-гнейсами мезоархея и неоархейскими гранит-зеленокаменными образованиями.

Геоморфометрические параметры



Геоморфометрические параметры рельефа:

А – уклон поверхности,

Б – экспозиция склонов,

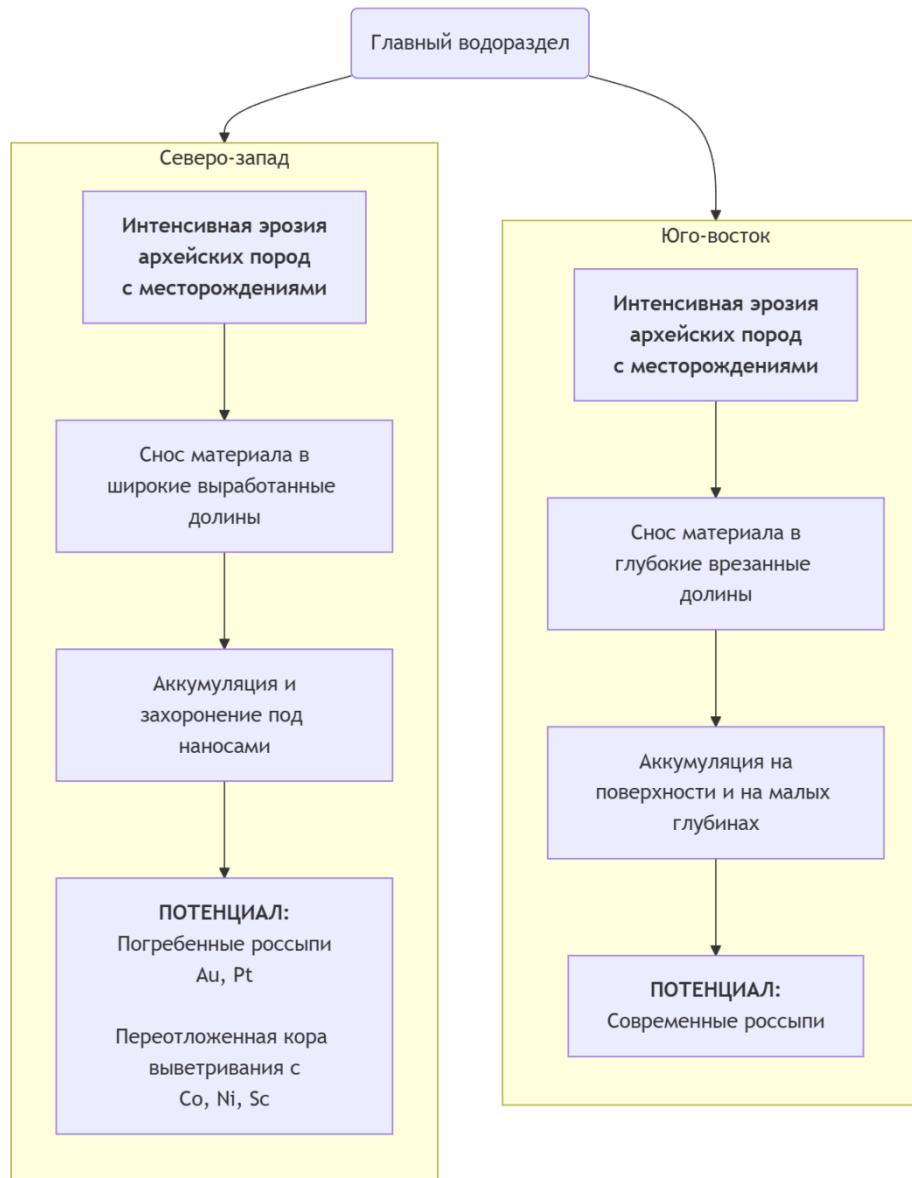
В – индекс расчлененности рельефа;

1 – административная граница республики;

2 – граница архейского кратона Зимбабве: а – основная, б – перекрытая;

3 – главный водораздел

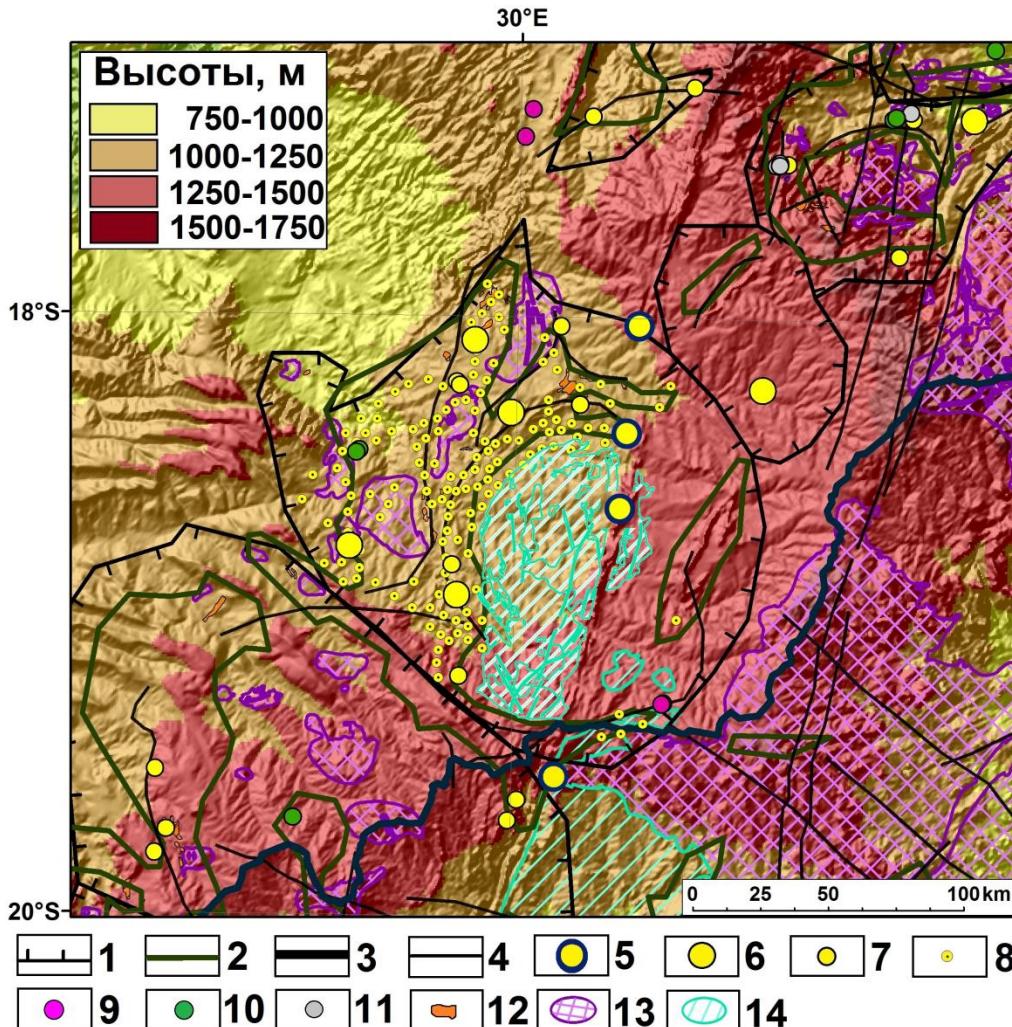
Модель формирования экзогенных месторождений



На **северо-западе**, в условиях спокойного рельефа, материал сносился в широкие выработанные долины, где активно происходили аккумуляция и последующее захоронение под более молодыми наносами. Это создает потенциал для поиска *погребенных* россыпей золота и платины, а также переотложенной коры выветривания с кобальтом, никелем и скандием.

На **юго-востоке**, в условиях активного новейшего поднятия и контрастного рельефа, материал аккумулировался преимущественно на поверхности или вблизи нее, формируя *современные россыпи*, большая часть которых, вероятно, уже отработана.

Перспективные площади на россыпи и коры выветривания



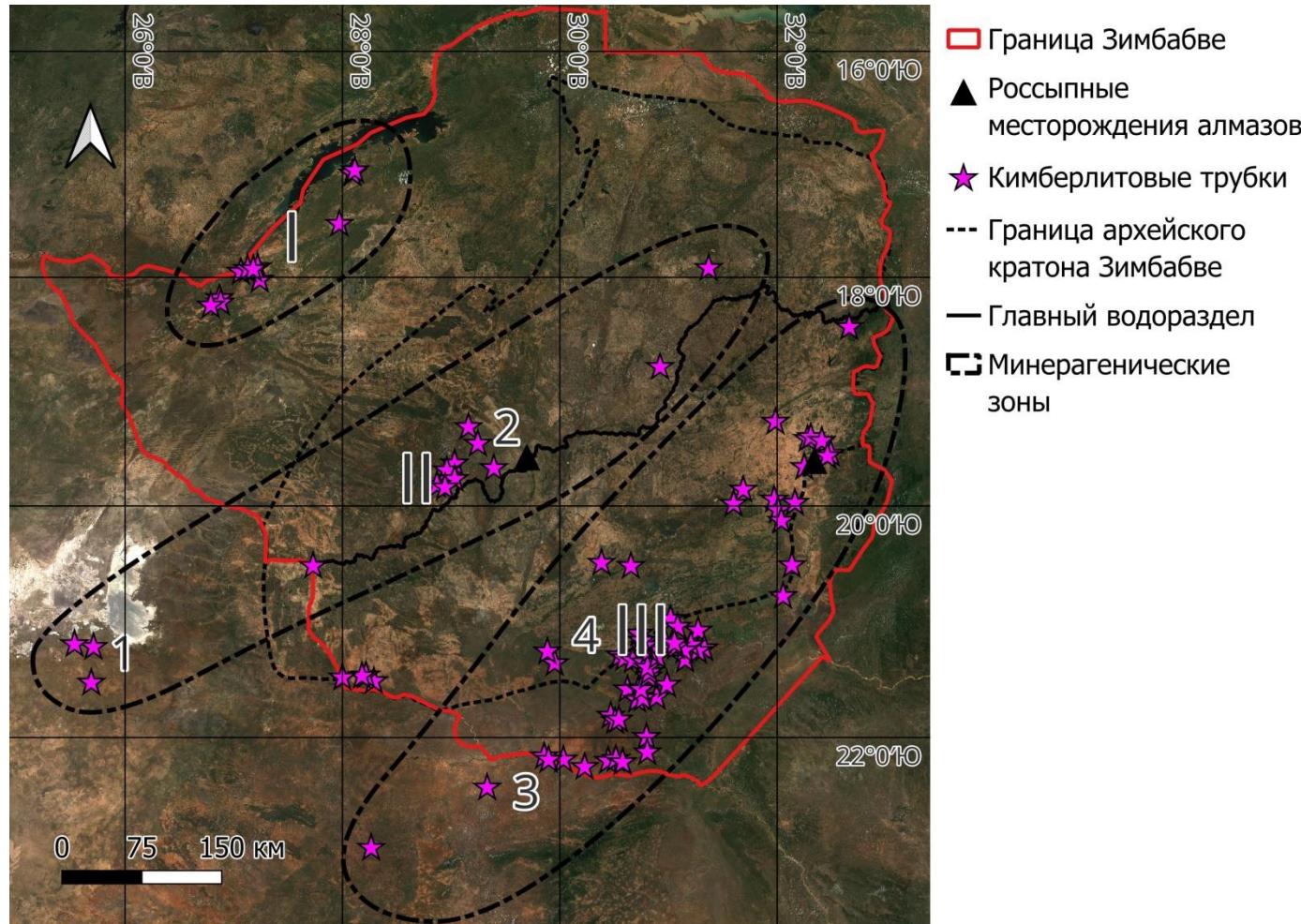
Интервалы высот и металлогенические золоторудные области рудного пояса Зимбабве:

- 1 – граница золоторудного района;
- 2 – границы зеленокаменных поясов;
- 3 – главный водораздел;
- 4 – основные разломы;
- 5-11 – месторождения:
- 5 – платины,
- 6 – золота крупные,
- 7 – золота средние,
- 8 – золотоносные проявления,
- 9 – меди,
- 10 – никеля,
- 11 – вольфрама;

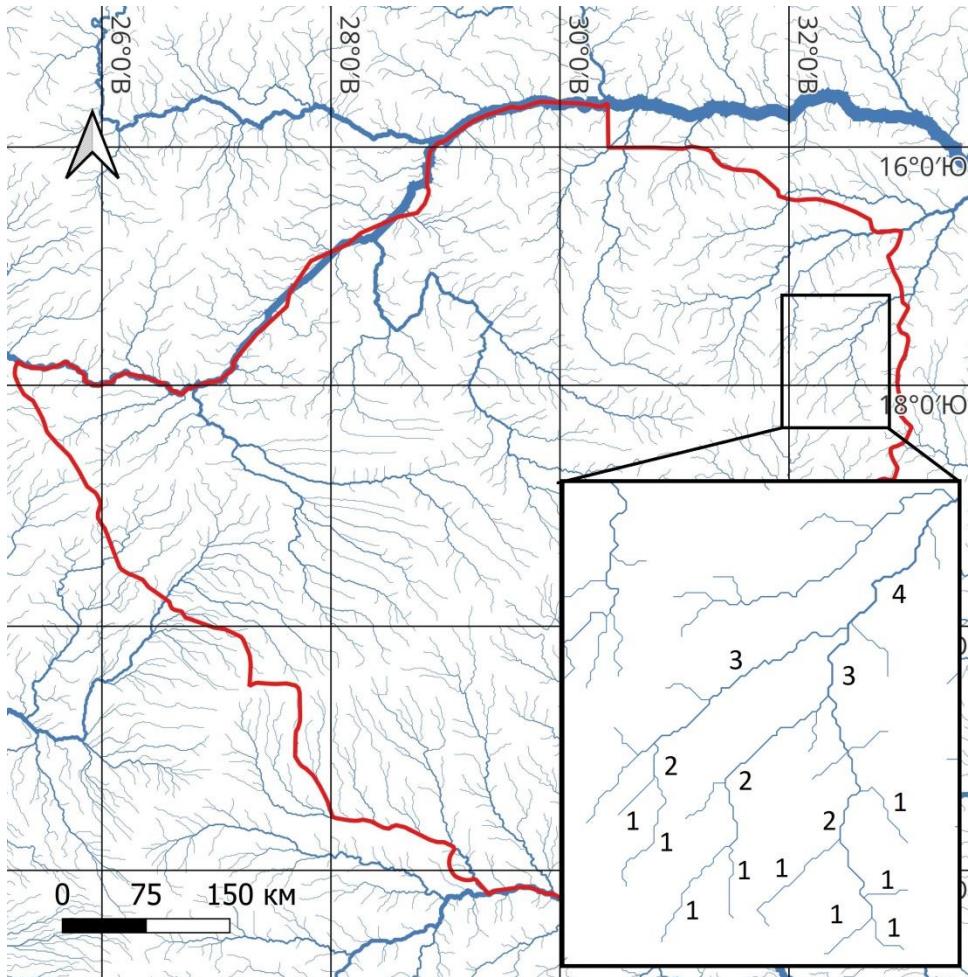
12 – тела порфировидных гранитов; 13 – неоархейские граниты; 14 – мезоархейские граниты блока Родесдейл-Токве.

Геоморфометрический анализ канальной сети для прогнозирования кимберлитов

Можно ли применить этот подход для локализации конкретных типов месторождений, например, кимберлитов?



Методика построения канальной сети

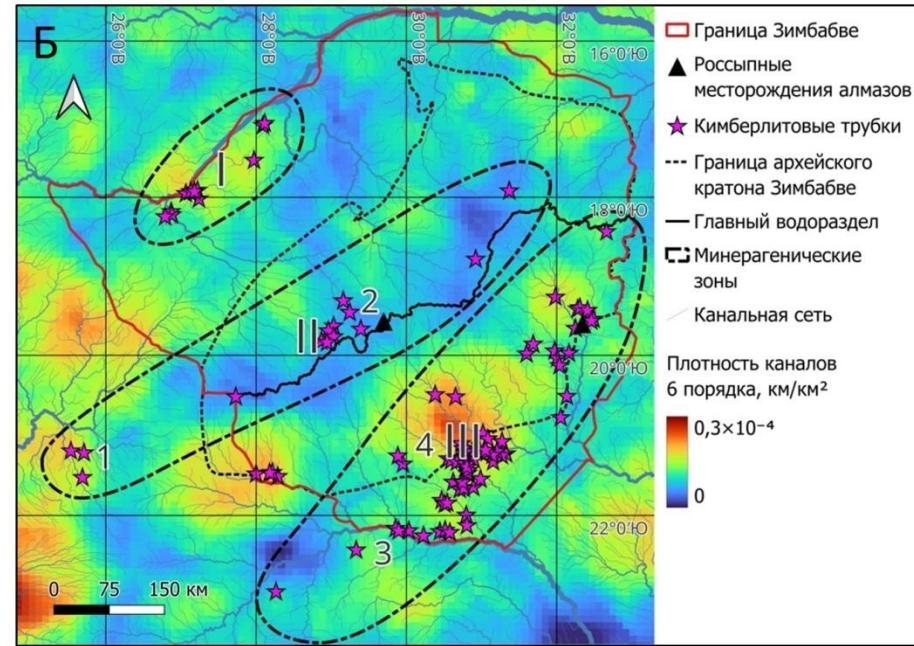
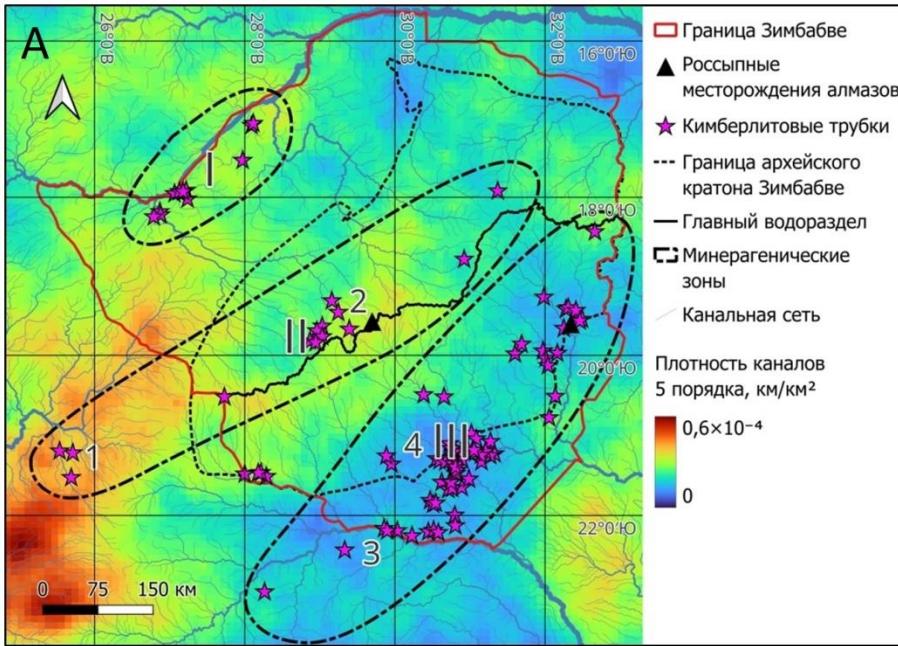


48	55	50	-8	-15	-10	0	0	0
50	40	36	-10	0	4	0	11	$\frac{4}{11}$
42	38	35	-2	2	5	0	$\frac{2}{11}$	$\frac{5}{11}$

Использован алгоритм MFD
для более реалистичного
моделирования сети долин

Была получена сеть водотоков
с 1-го по 8-й порядок по Стралеру

Анализ плотности канальной сети



Сопоставление минерагенических зон с плотностью канальной сети:

А – 5-го порядка,
Б – 6-го порядка

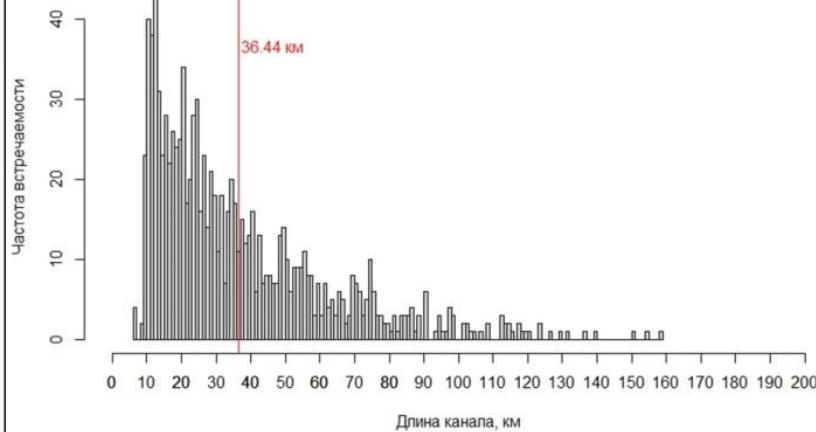
Для 5-го порядка зоны I и II тяготеют к повышенной плотности, зона III – к пониженной.

Для 6-го порядка – наоборот

Обоснование выбора порядка каналов

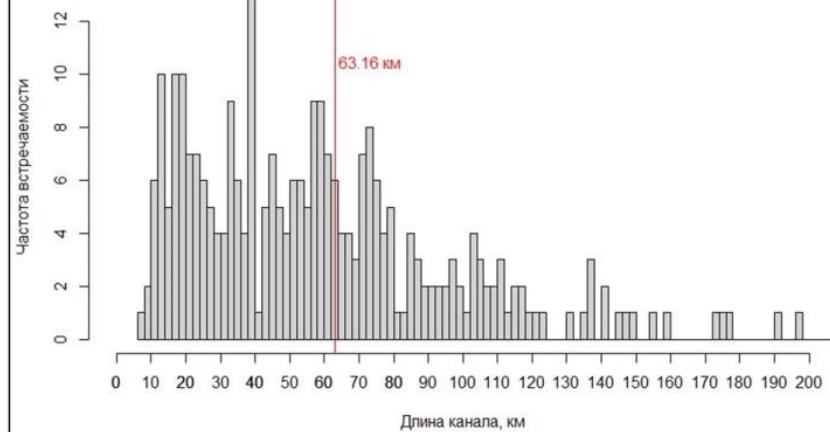
А

Гистограмма распределения длин 5-го порядка
канальной сети территории Зимбабве

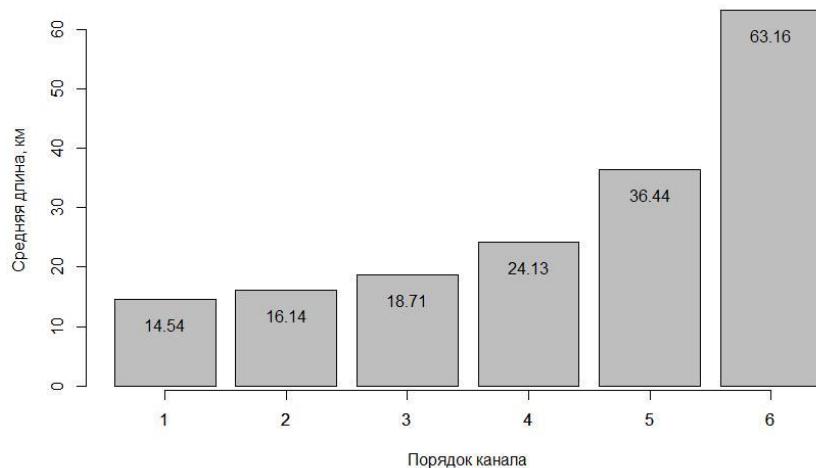


Б

Гистограмма распределения длин 6-го порядка
канальной сети территории Зимбабве



Средняя длина каналов разного порядка
канальной сети территории Зимбабве



Скачок средней длины каналов на
6-м порядке (~60 км)
соответствует размеру
кимберлитовых полей

Выводы

1. Построена и апробирована ЦМР Зимбабве, адекватно отражающая региональные геологические структуры.
2. Выделены две геоморфологически и металлогенически различные провинции, разделенные Главным водоразделом.
3. К северо-западу от водораздела обоснованы перспективные площади для поисков погребенных россыпей Au (золото) и Pt (платина), а также месторождений Co (кобальт), Ni (никель), Sc (скандий) в переотложенной коре выветривания.
4. Что касается кимберлитов, то выявлена потенциальная связь их локализации с плотностью канальной сети 6-го порядка. Это направление представляется перспективным для дальнейших, более детальных исследований.
5. В целом, работа подтвердила, что геоморфометрический анализ ЦМР является мощным и объективным инструментом для создания основ регионального прогноза.

Спасибо за внимание!

