

УДК 550.814:550.83:553.81(571.56)
DOI: 10.52349/0869-7892_2024_99_107-115

Ф. Д. Лазарев, П. В. Кирплюк, П. В. Мельников, А. Н. Онищенко, Р. А. Леденгский,
А. Ф. Лазарев, Е. И. Глушан (*Норильский филиал Института Карпинского*),
А. А. Устинов (*Институт Карпинского*)

ПЕРСПЕКТИВЫ АЛМАЗОНОСТИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АНАБАРСКОГО ЩИТА ПО ДАННЫМ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Аэрогеофизической съемкой в восточной части Анабарского щита выявлены локальные аномалии электропроводности, аналогичные аномалиям электропроводности, выделенным в Анголе на горнорудном участке Китубия с доказанными кимберлитовым магматизмом и алмазонасностью. По аналогии с африканскими аномалиями предполагается их кимберлитовая природа. На одной из локальных аномалий проводимости на Анабарском щите проведены наземные геолого-геофизические заверочные работы, установлена ее трубчатая природа и, возможно, кимберлитовый состав. Рекомендован комплекс методов для заверки перспективных аномалий.

Ключевые слова: аэрогеофизическая съемка, аномалия, трубка взрыва, кимберлит

F. D. Lazarev, P. V. Kirplyuk, P. V. Melnikov, A. N. Onishchenko, R. A. Ledengskiy, A. F. Lazarev,
E. I. Glushan (*Norilsk Branch of Karpinsky Institute*), A. A. Ustinov (*Karpinsky Institute*)

PROSPECTS OF DIAMOND POTENTIAL IN THE EASTERN PART OF THE ANABAR SHIELD BASED ON THE AIRBORNE GEOPHYSICAL SURVEY DATA

An airborne geophysical survey in the eastern part of the Anabar Shield revealed local electrical conductivity anomalies similar to the electrical conductivity anomalies identified in Angola at the Quitubia mining site, with proven kimberlite magmatism and diamond potential. By analogy with the African anomalies, there is assumed their kimberlite nature. The researchers conducted ground-based geological and geophysical verification work on one of the local conductivity anomalies on the Anabar Shield, established its tubular nature and, possibly, kimberlite composition. The authors recommend a set of methods for verifying promising anomalies.

Keywords: airborne geophysical survey, anomaly, explosion tube, kimberlite

Для цитирования: Перспективы алмазонасности восточной части Анабарского щита по данным аэрогеофизической съемки / Ф. Д. Лазарев, П. В. Кирплюк, П. В. Мельников, А. Н. Онищенко, Р. А. Леденгский, А. Ф. Лазарев, Е. И. Глушан, А. А. Устинов // Региональная геология и металлогения. – 2024. – № 99. – С. 107–115. DOI: 10.52349/0869-7892_2024_99_107-115

Введение. В 2022 г. Норильский филиал Института Карпинского выполнил комплексную аэрогеофизическую (аэромагнитная, аэроэлектроразведочная, аэрогамма-спектрометрическая) съемку масштаба 1 : 50 000 на площади, расположенной в восточной части Анабарского щита (R-49-III, IV, R-49-IX, X) (рис. 1).

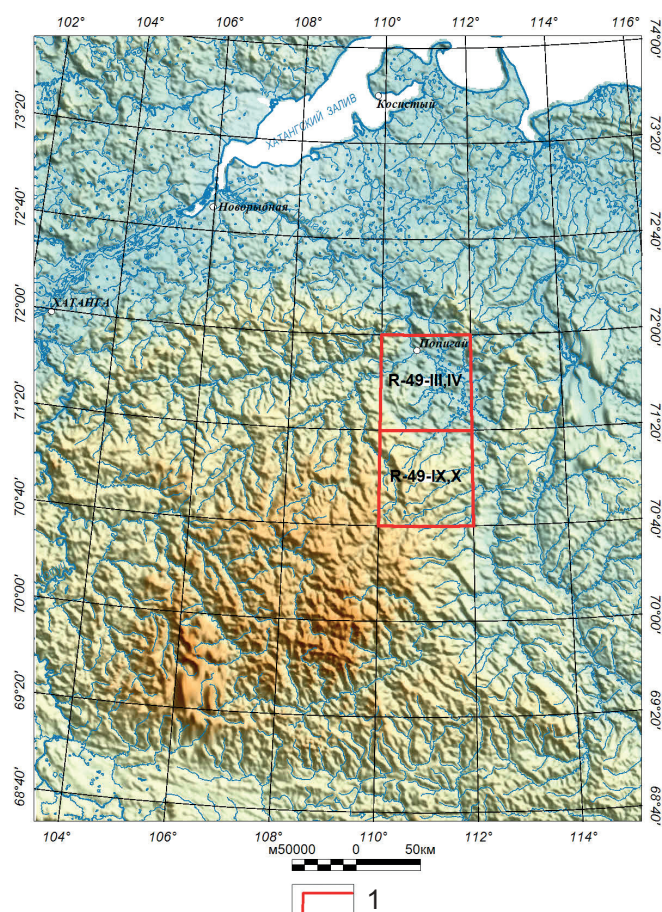
Район работ входит в Анабарскую алмазаносную минерагеническую область и находится на западном окончании Куанамской алмазонасной прогнозируемой зоны, в пределах которой выявлены сотни кимберлитовых тел, в том числе и алмазонасных триасово-юрского возраста (рис. 2) [1].

На площади аэрогеофизической съемки предыдущими исследователями кимберлитовые трубки не выделялись. Тем не менее находки алмазов кимберлитового типа и их типоморфных спутников позволяют предполагать наличие на этой территории кимберлитовых тел [2].

Кроме того, в аллювии рек Сербейан и Оюрюях (R-49-XXI) были найдены алмазы без следов механического износа в ассоциации с полным спектром минералов-индикаторов кимберлитов [4]. Это позволяет рассчитывать на обнаружение алмазонасных кимберлитов в центральной части Анабарского щита [1].

Геофизическая изученность района работ.

Поиски кимберлитовых тел аэрогеофизическими методами в пределах Анабарского массива и его окружения осуществляет компания «Алроса». Ведущим критерием поиска считаются локальные аэромагнитные аномалии, которые впоследствии заверяются наземной магниторазведкой и бурением. Этот подход показал свою высокую эффективность в пределах осадочных пород обрамления щита. Так, в восточной части Анабарского кристаллического массива среди пород рифея, венда



и кембрия в результате комплексной аэрогеофизической съемки было зафиксировано более 300 локальных магнитных аномалий. Последующими работами на большинстве из этих аномалий были вскрыты кимберлиты, в том числе алмазоносные. Непосредственно на Анабарском кристаллическом массиве так же выявлены тела кимберлитовых пород, но выделение их по материалам магниторазведки затруднено из-за повышенных магнитных свойств пород фундамента.

Электроразведочные работы в компании «Алроса» применялись в основном в наземном варианте для заверки аномалий. В 2015–2016 гг. аэроэлектроразведочные работы с различными системами проводились в тестовом режиме и не показали однозначных результатов [3]. Поэтому применение аэроэлектроразведки как надежного поискового метода не получило должного продолжения.

Работы в Республике Ангола. Поисками кимберлитовых тел Норильский филиал Института Карпинского начал заниматься в 2013 г., когда выполнил аэрогеофизическую съемку на горнорудном участке Китубия, находящегося в провинции Южная Кванза в Республике Ангола. На площади 2322 км² были проведены аэрогеофизические

Рис. 1. Обзорная схема района работ

1 – площадь аэрогеофизической съемки (R-49-III,IV; R-49-IX,X)

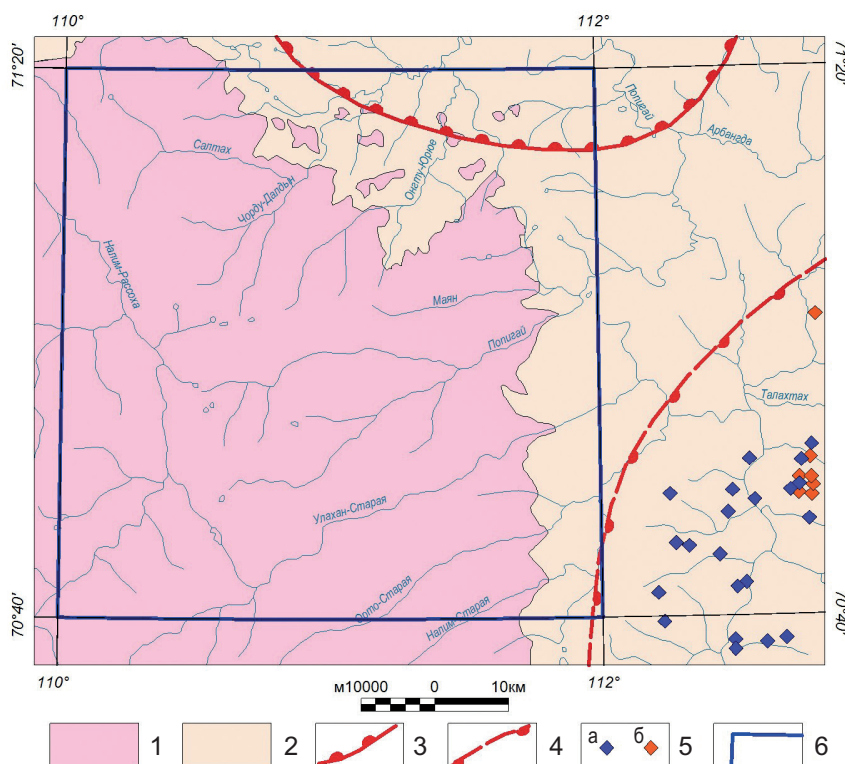


Рис. 2. Металлогеническое районирование (алмазы) восточной части Анабарского щита

1 – метаморфические породы Анабарского щита; 2 – осадочные породы платформенного чехла; Анабарская алмазоносная прогнозируемая минерагеническая область; 3 – Попигаийский рудный район импактных алмазов; 4 – Куонамская алмазоносная прогнозируемая зона; 5 – трубки взрыва: а – кимберлитовые, б – щелочных базальтоидов; 6 – контуры листа R-49-IX,X

исследования масштаба 1 : 10 000, включающие в себя магниторазведку и электроразведку (комплекс «Экватор»). Целевое назначение этой съемки – создание современной геофизической основы масштаба 1 : 10 000 для выделения прогнозных участков на поиски кимберлитовых трубок и подготовка рекомендаций для постановки дальнейших поисковых геолого-геофизических исследований. Работы были выполнены как на участках с известными кимберлитовыми трубками, так и на новых площадях.

До начала полевых аэрогеофизических работ в 2012 г. в Республике Ангола коллективом филиала проведена переобработка и переинтерпретация материалов комплексной аэрогеофизической съемки, выполненной канадской компанией Аероquest на горнорудном участке, в пределах которого располагается алмазоносная кимберлитовая трубка Катока. В качестве технических средств тогда был использован аэрокомплекс АероТЕМ-III, включающий аэромагнитный и аэроэлектроразведочный (АМПП) каналы. Особое внимание было уделено анализу аэроэлектроразведочных данных, так как результаты переобработки материалов позволили обнаружить аномалию повышенной электропроводности и связать ее с кимберлитовой трубкой Катока.

Дальнейший анализ данных аэрогеофизической съемки на участке Китубия в совокупности с имеющимся геологическим материалом позволил сделать ряд выводов, направленных на выявление перспективных аномалий.

1. Установлено, что известные кимберлитовые трубки контрастно выделяются повышенными значениями удельной электропроводности (рис. 3).

2. Выделено 165 аномалий трубчатого типа, в числе которых 22 рекомендованы к первоочередному изучению. Из общего количества аномалий 30% проявляется как в магнитном поле, так и в электромагнитном; 35% отражается только в магнитном поле; 35% проявляется только в материалах электроразведки.

3. Установлено, что аномалии трубчатого типа, отражающиеся в магнитном поле, имеют как положительный знак намагничивания (60 шт.), так и отрицательный (47 шт.), что свидетельствует о широком возрастном диапазоне проявления кимберлитового магматизма.

4. Показано, что большинство интенсивных аномалий проводимости, обладающих наибольшими перспективами, находят слабое отображение в магнитном поле.

5. Комплекс аэромагниторазведка и аэроэлектроразведка, в условиях Республики Ангола показал

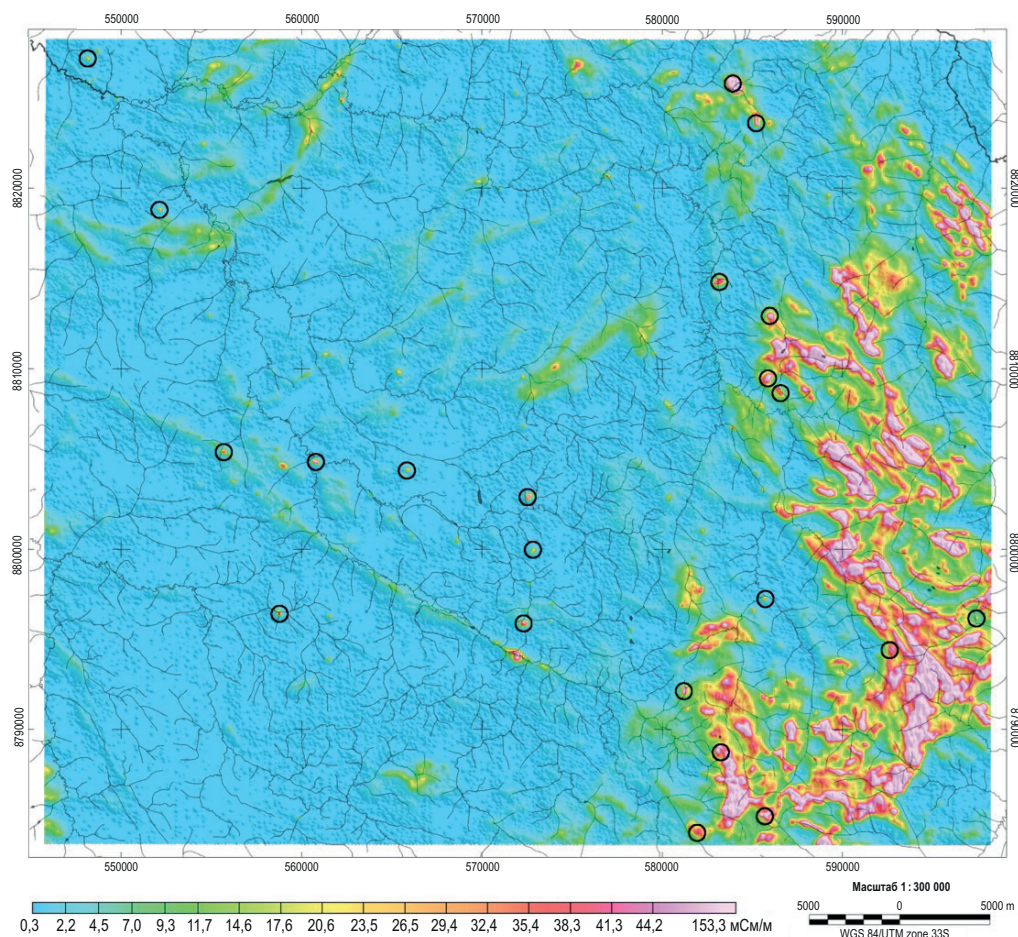


Рис. 3. Схема размещения перспективных аномалий на карте электропроводности на участке Китубия (Республика Ангола)

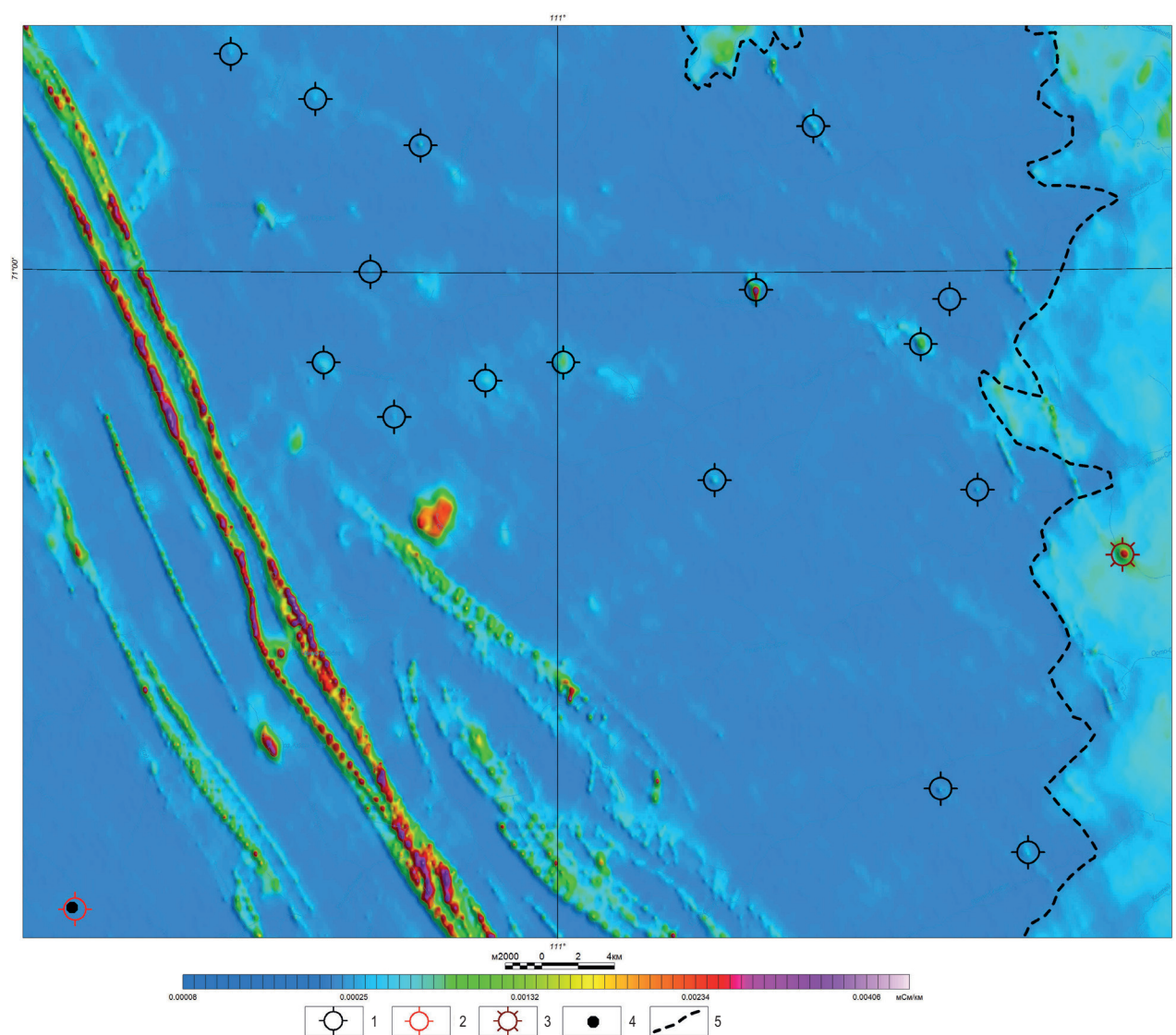


Рис. 4. Схема размещения перспективных аномалий на выявление объектов трубчатого типа на карте электропроводимости на частоте 2080 Гц (лист R-49-IX,X)

Аномалии проводимости: 1 – первой очереди изучения, 2 – сопряженная со шлиховым ореолом минералов-спутников алмазов, 3 – заверенная наземными геолого-геофизическими работами; 4 – место отбора мелкообъемной пробы с минералами-спутниками алмаза; 5 – граница Анабарского щита

высокую поисково-картировочную эффективность. Методы органично дополняют друг друга, что существенно увеличивает достоверность прогнозных выводов.

6. В процессе работы была наработана технология обработки аэроэлектроразведочных данных, выработана методика выделения аномалий проводимости различной интенсивности, разработаны критерии разбраковки и ранжирования аномалий по степени перспективности.

На высокую эффективность проведенных работ указывает тот факт, что из 18 первоочередных заверенных бурением аномалий 14 получили свое подтверждение (данные 2020 г).

Результаты КАГС-50 в северо-восточной части Анабарского щита. В соответствии с государственной программой геологоразведочных ра-

бот в 2022 г. Норильским филиалом Института Карпинского была выполнена комплексная аэро-геофизическая съемка масштаба 1 : 50 000 на площади, охватывающей северо-восточную часть Анабарского щита (R-49-III,IV; R-49-IX,X).

В качестве регистрирующей аппаратуры использовался аэрогеофизический комплекс, включающий электроразведку ЕМ-4Н методом ДИП, а также магнитометрический и гамма-спектрометрические каналы.

В процессе обработки и интерпретации полученных материалов в южной части площади съемки в пределах листа R-49-IX,X была выделена группа локальных аномалий электропроводности трубчатого типа по аналогичной методике, используемой при поисках кимберлитов в Анголе на участке Китубия. Обе площади расположены в сходной геологической обстановке: складчатые

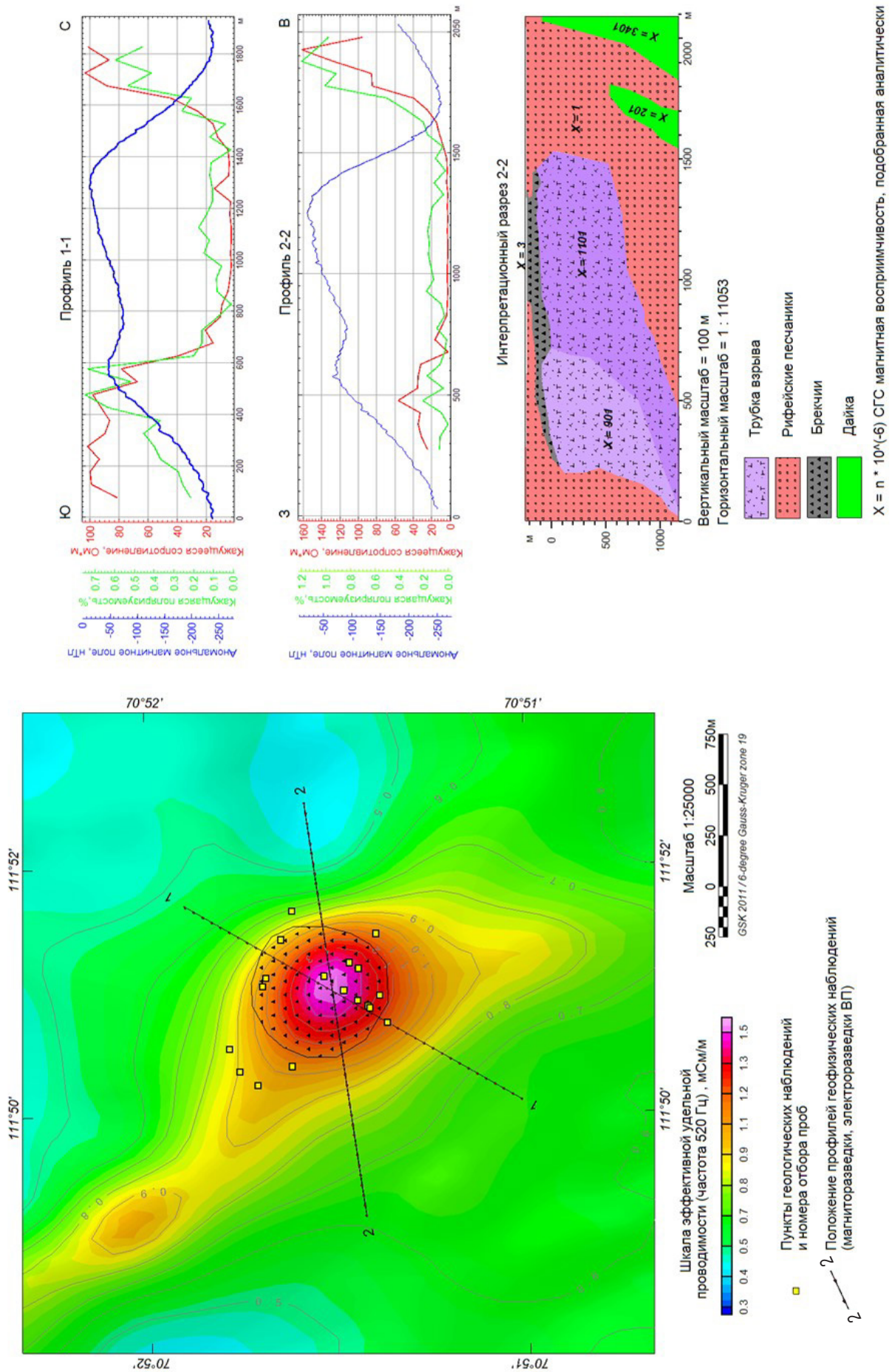


Рис. 5. Результаты заверки аномалии эффективной удельной проводимости

метаморфизованные образования докембрийского фундамента перекрыты пологозалегающими платформенными осадочными породами и обнаруживают достаточное сходство в электроразведочных полях (рис. 3, 4). Это позволило предположить кимберлитовую природу выделенных локальных аномалий проводимости на изучаемой территории.

Наземные заверочные работы 2023 г. Во время полевых работ 2023 г. Норильским филиалом была завершена одна из перспективных аномалий проводимости, расположенной в восточной части листа R-49-X (рис. 4).

На этой аномалии были выполнены геолого-геофизические работы (рис. 5), включающие электроразведку методом ВП в модификации «электропрофилирование», магниторазведку в автоматическом режиме с частотой измерений 0,5 Гц и геологическое сопровождение маршрутов.

На дневной поверхности аномалия приурочена к понижению в рельефе округлой формы (диаметром более 600 м), находящемуся на плоской вершине, сложенной красноцветными песчаниками мукунской серии. Центральная часть представлена беловато-серым суглинком с многочисленными дресвой и мелким щебнем карбонатных пород (окремненные доломиты, известняки, карбонатная брекчия) (рис. 6). По геологическим материалам данную аномалию на дневной поверхности можно сопоставить с верхней частью трубки взрыва.

На графиках магнитного поля фиксируется повышение значений на 200 нТл при переходе из терригенных отложений мукунской серии в зону карбонатных брекчий. На электроразведочных графиках (проводимости и поляризуемости) область брекчий характеризуется низкими значениями с резким скачкообразным повышением на контактах. По результатам моделирования магнитометрических данных с глубины 100 м устанавливается магнитовозмущающий объект трубчатого типа, предположительно основного–ультраосновного состава (рис. 5).

По характерным геофизическим признакам (проводимость, магнитность, ториевая радиогеохимическая специализация) кимберлитовых трубок, используемых в компании «Алроса», данную аномалию можно квалифицировать как кимберлитовую трубку взрыва, перспективную для дальнейших поисков коренных алмазов.

В юго-западной части площади съемки (лист R-49-IX) предшественниками выявлен шлиховой поток рассеяния минералов-парагенетических спутников алмазов (пироп, пикроильменит, хромдиопсид, оливин, перовскит) (Куликов, 1984). В 2023 г. на участке с высоким содержанием минералов-спутников отобрана шлиховая мелко-объемная проба 10512, приуроченная к водосборной воронке верховьев руч. Лёгкий. В пробе обнаружены многочисленные зерна пикроильменита, хромдиопсида, хромшпинелидов и четыре



Рис. 6. Высыпки карбонатных пород (а), карбонатная тектоническая брекчия (б)



1 – шлиховой ореол спутников алмазов (Куликов, 1984); 2 – место отбора шлиховой мелкообъемной пробы 10512

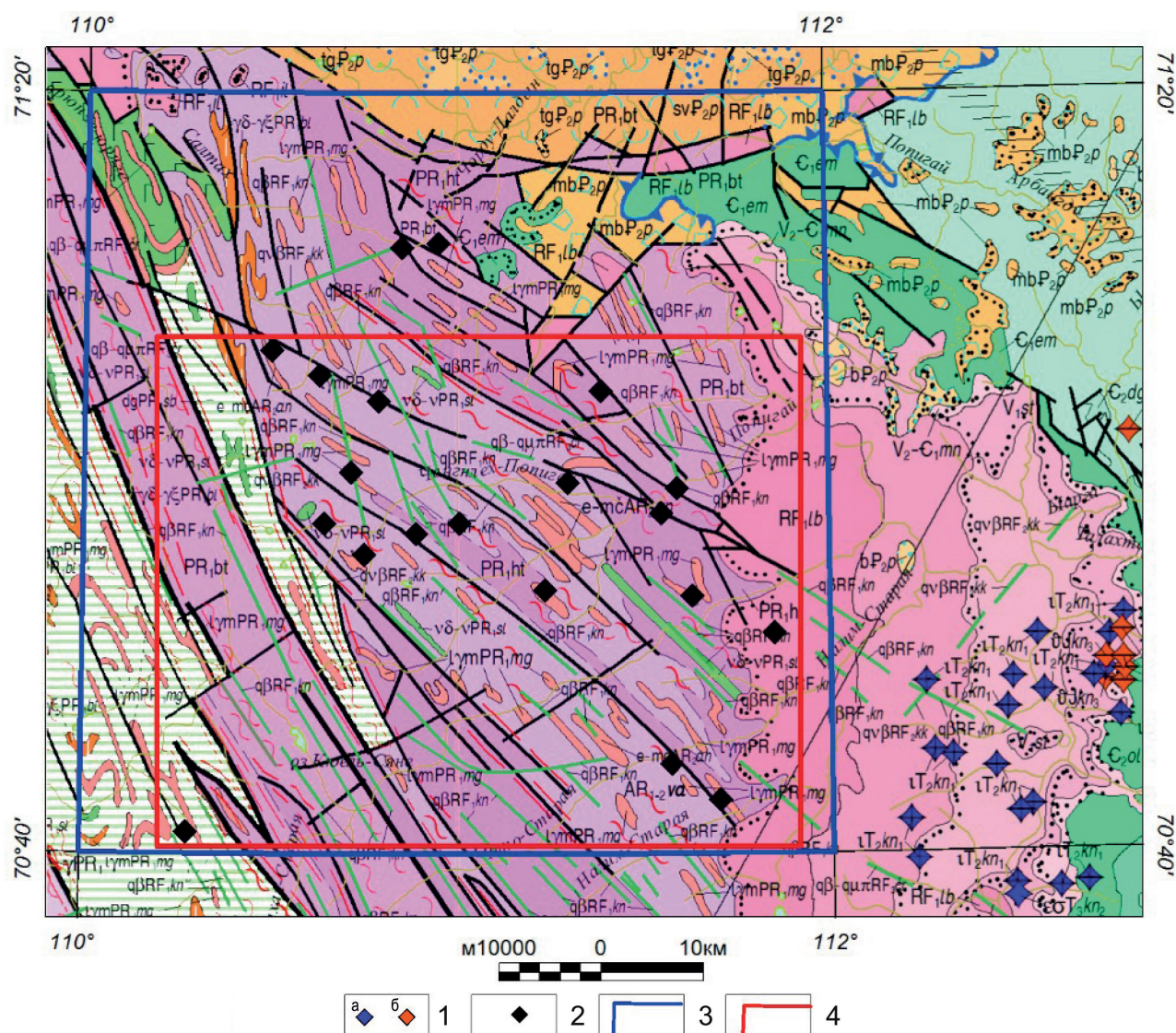


Рис. 8. Геологическая карта восточной части Анабарского щита масштаба 1 : 1 000 000 с контуром перспективного участка
1 – трубки взрыва: а – кимберлитовые, б – щелочных базальтоидов; 2 – аномалии проводимости, перспективные на выявление объектов трубчатого типа; 3 – контуры листа R-49-IX,X; 4 – контуры перспективного участка

зерна пироба. Отсутствие механического износа на части зерен и практически мономинеральный (пикроильменитовый) состав фракции +0,5 мм предполагает наличие кимберлитового тела непосредственно под задерновкой.

Место взятия шлиховой пробы 10512 сопряжено с изометричной локальной аномалией проводимости средней интенсивности диаметром около 300 м (рис. 7).

Таким образом, вероятность обнаружения кимберлитовых тел на остальных аномалиях проводимости весьма высока. На участке размерами 50 × 60 км в южной части листа R-49-IX,X выделено 20 перспективных аномалий проводимости первой очереди изучения (рис. 4, 8), которые нуждаются в заверке наземными работами. Кроме того, имеется еще порядка 10 аномалий второй очереди, которые можно заверить попутно.

Для проведения дальнейших наземных заверочных работ предлагается комплекс, включающий следующие методы:

- профильную магниторазведку в автоматическом режиме с частотой измерений 0,5 Гц;
- профильную электроразведку методом ВП в модификации «электропрофилирование»;
- шлиховое мелкообъемное опробование;
- геологическое сопровождение.

Заключение. Представленные результаты интерпретации материалов аэрогеофизической съемки 2022 г. позволяют нам взглянуть на выделенную группу локальных аномалий повышенной электропроводности трубчатого типа как на перспективную площадь, отвечающую рангу кимберлитового поля. Представляется необходимым и целесообразным проведение здесь дальнейших наземных геолого-геофизических заверочных работ, а также крупномасштабных аэрогеофизических съемок с применением аэроэлектромагнитных систем. Следует отметить, что проведение аэрогеофизических работ в более крупном масштабе (например 1 : 10 000) позволят более детально обследовать и, возможно, расширить прогнозируемое кимберлитовое поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поко-

ление). Серия Анабаро-Вилуйская. Лист R-49 – Оленёк. Объяснительная записка / Н. И. Гусев, М. Г. Пушкин, А. А. Круглова и др. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. – 296 с.

2. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 200 000. Серия Анабарская. Лист R-49-IX,X. Объяснительная записка / И. А. Соловьев, А. И. Трухалев и др. – НИИГА, 1974.

3. Морозова Н. Е., Гончаров Е. М. Современные аэрогеофизические исследования при поисках слабоконтрастных в петрофизическом отношении кимберлитовых тел. Доклад на рабочем совещании «Научно-методические и технологические проблемы прогнозирования и поиска слабо контрастных кимберлитовых трубок на территории Восточно-Европейской и Восточно-Сибирской алмазодносных провинций». – СПб., 2017.

4. Россыпи алмазов России / С. А. Граханов, В. И. Шаталов, В. А. Штыров, В. Р. Кычкин, А. М. Сулейманов; гл. ред. Д. А. Додин. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2007. – 457 с.

REFERENCES

1. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Mashtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Anabaro-Vilyuyskaya. List R-49 – Olenek. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Anabaro-Vilyuyskaya series. Sheet R-49 – Olenek. Explanatory note]. Eds.: N. I. Gusev, M. G. Pushkin, A. A. Kruglova et al. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2016, 296 p.

2. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR. Mashtab 1 : 200 000. Seriya Anabarskaya. List R-49-IX,X. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR. Scale 1 : 200,000. Anabarskaya series. Sheet R-49-IX,X. Explanatory note]. Eds.: I. A. Solov'ev, A. I. Trukhalev et al. NIIGA, 1974.

3. Morozova N. E., Goncharov E. M. Sovremennyye aerogeofizicheskie issledovaniya pri poiskakh slabokonstrastnykh v petrofizicheskom otnoshenii kimberlitovykh tel. Doklad na rabochem soveshchanii «Nauchno-metodicheskie i tekhnologicheskie problemy prognozirovaniya i poiska slabokonstrastnykh kimberlitovykh trubok na territorii Vostochno-Evropeyskoy i Vostochno-Sibirskoy alamazonosnykh provintsiy» [Modern aerogeophysical studies in the search for low-contrast petrophysically kimberlite bodies. Report at the workshop «Scientific, methodological and technological problems of forecasting and searching for weakly contrasting kimberlite pipes in the territory of the East European and East Siberian diamond-bearing provinces»]. St. Petersburg, 2017.

4. Grakhanov S. A., Shatalov V. I., Shtyrov V. A., Kychkin V. R., Suleymanov A. M. Rossyipi almazov Rossii [Placers of diamonds of Russia]. Ed. by D. A. Dodin. Novosibirsk, Academic publishing house «Geo», 2007, 457 p.

Лазарев Федор Дмитриевич – канд. геол.-минерал. наук, директор, Норильский филиал Института Карпинского¹.
<FLazarev@karpinskyinstitute.ru>

Кирплюк Павел Валентинович – гл. геофизик, Норильский филиал Института Карпинского¹.
<Pavel_Kirpyk@karpinskyinstitute.ru>

Мельников Петр Валерьевич – начальник отдела, Норильский филиал Института Карпинского¹.
<Petr_Melnikov@karpinskyinstitute.ru>

Онищенко Андрей Николаевич – гл. геолог, Норильский филиал Института Карпинского¹.
<Andrey_Onishenko@karpinskyinstitute.ru>

Леденский Роман Андреевич – геофизик, Норильский филиал Института Карпинского¹.
<Roman_Ledengskiy@karpinskyinstitute.ru>

Лазарев Антон Федорович – начальник отдела, Норильский филиал Института Карпинского¹.

<Anton_Lazarev@karpinskyinstitute.ru>

Глушан Ефим Игоревич – геофизик, Норильский филиал Института Карпинского¹. <Yefim_Glushan@karpinskyinstitute.ru>

Устинов Анатолий Александрович – вед. геолог, Институт Карпинского².

Lazarev Fedor Dmitrievich – PhD (Geology and Mineralogy), Director, Norilsk Branch of Karpinsky Institute¹.

<FLazarev@karpinskyinstitute.ru>

Kirplyuk Pavel Valentinovich – Chief Geophysicist, Norilsk Branch of Karpinsky Institute¹. <Pavel_Kirplyk@karpinskyinstitute.ru>

Melnikov Petr Valeryevich – Head of Department, Norilsk Branch of Karpinsky Institute¹. <Petr_Melnikov@karpinskyinstitute.ru>

Onishchenko Andrey Nikolaevich – Chief Geologist, Norilsk Branch of Karpinsky Institute¹.

<Andrey_Onishenko@karpinskyinstitute.ru>

Ledengsky Roman Andreevich – Geophysicist, Norilsk Branch of Karpinsky Institute¹.

<Roman_Ledengskiy@karpinskyinstitute.ru>

Lazarev Anton Fedorovich – Head of Department, Norilsk Branch of Karpinsky Institute¹. <Anton_Lazarev@karpinskyinstitute.ru>

Glushan Efim Igorevich – Geophysicist, Norilsk Branch of Karpinsky Institute¹. <Yefim_Glushan@karpinskyinstitute.ru>

Ustinov Anatoliy Aleksandrovich – Leading Geologist, Karpinsky Institute².

¹ Норильский филиал Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (Норильский филиал Института Карпинского). Ленинский пр., 21-а, Норильск, Россия, 663300.

Norilsk Branch of All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky (Norilsk Branch of Karpinsky Institute). 21-a Leninsky Pr., Norilsk, Russia, 663300.

² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (Институт Карпинского). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky (Karpinsky Institute). 74 Sredny Pr., St. Petersburg, Russia, 199106.