

Геофизика

УДК 550.83:550.814:553.41

О РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ МЕТОДА СОПРОТИВЛЕНИЙ И ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В ВАРИАНТЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ В УСЛОВИЯХ БОДАЙБИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО РАЙОНА

Мохаммед Мохаммед Атеф,

ассистент кафедры геофизики Университета Сохаг, Арабская Республика
Египет, 82524, Сохаг, ул. Наср Сити. E-mail: mohammedhassoup@yahoo.com

Ерофеев Леонид Яковлевич,

д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедры геофизики
Института природных ресурсов ТПУ,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: Erofeev_Leonid@tpu.ru

Орехов Александр Николаевич,

канд. геол.-минер. наук, доцент кафедры геофизики
Института природных ресурсов ТПУ, Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, д. 30. E-mail: orekhovan@mail.tomsknet.ru

Актуальность: актуальность работы обусловлена необходимостью повышения эффективности геофизических методов при поисково-разведочных работах в ведущих золоторудных и золотодобывающих провинциях Сибирского региона.

Цель работы: определить возможности новой модификации электроразведки – электротомографии в варианте вызванной поляризации в золотоносных регионах, сложенных углеродисто-терригенными (черносланцевыми) толщами для решения комплекса поисково-разведочных задач. Определить круг решаемых геологических задач и основные осложняющие факторы.

Методы исследования: для определения возможностей электротомографии были проведены полевые опытно-методические работы в типичном для Сибири золотоносном районе – Бодайбинской синклинали, в пределах которой более 150 лет добывается золото и где открыто значительное количество крупных месторождений золота, в том числе гигантское месторождение Сухой лог.

Результаты работы: установлено, что возможности электротомографии в условиях черносланцевых отложений, вмещающих золоторудные месторождения, значительны: с её помощью можно оценивать толщину и состав покровных (в т. ч. четвертичных) отложений, намечать места крупных тектонических нарушений, определять основные черты структурного строения, прогнозировать участки локализации отдельных рудных тел (рудноносных зон). Указаны условия, осложняющие проведение работ; охарактеризованы основные проблемы, возникающие при геологической интерпретации результатов томографических работ.

Ключевые слова:

Бодайбинский район, месторождения золота, геофизические методы поисков и разведки, эффективность, электроразведка, электроразведочная томография.

Электротомография в последние два десятилетия получила серьезную теоретическую и инструментальную базу [1–7] и нашла широкое практическое применение при изучении различных геологических обстановок в ходе инженерно-геологических изысканий [8–13] и поисково-разведочных работ на отдельные виды полезных ископаемых, главным образом рудных месторождений [14–16]. Однако возможности электротомографии далеко не раскрыты, если вести речь о нюансах её использования применительно к конкретным видам полезных ископаемых или определённых типов физико-геологической обстановки в конкретных ре-

гионах. Сейчас идет накопление фактического материала по использованию электротомографии в геологоразведочном деле. При этом на сегодняшний день опыт её практического применения явно недостаточен. Настоящее исследование проведено с целью определения возможностей электротомографии при изучении золоторудных площадей в условиях Ленской золотоносной провинции.

Одним из основных рудных районов этой провинции является Бодайбинский район. Здесь 150 лет эксплуатируются россыпи золота и открыто одно из крупнейших в РФ месторождений золота – Сухой лог, находятся значительные по запа-

сам благородного металла месторождения: Высочайшее, Вернинское, Невское, Западное [17–19]. Кроме этого известен ряд слабо изученных месторождений – Кавказ, Копыловское и др., и многочисленных рудопроявлений, рис. 1 [20].

Бодайбинский рудный район сложен рифейско-вендскими карбонатно-терригенными отложениями, смятыми в складки. На рассматриваемой площади развиты отложения верхней подсерии Бодайбинской серии – образования Догаддинской и Илигирской свит, покрытых чехлом четвертичных отложений.

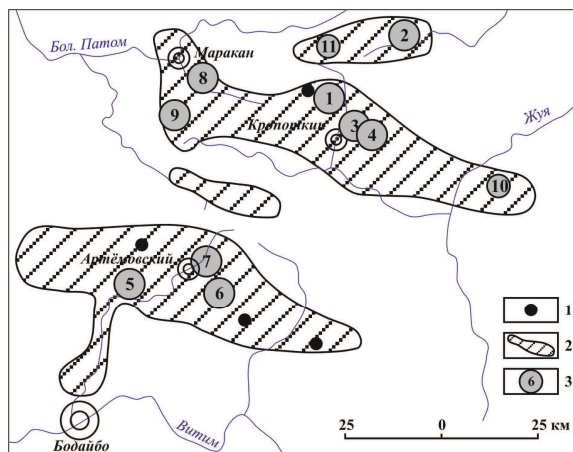


Рис. 1. Схема расположения месторождений и перспективных проявлений в Бодайбинском районе: 1) выявленные золотонесные минерализованные зоны, на которых проводятся поисковые работы; 2) основные золотороссыпные районы; 3) золоторудные месторождения (1 – Сухооложское, 2 – Высочайшее, 3 – Вернинское, 4 – Невское, 5 – Кавказ, 6 – Копыловское, 7 – Догаддинская жила, 8 – Ожерелье, 9 – Ыканское; потенциальные золоторудные месторождения – рудные зоны с промышленными параметрами в рудных полях: 10 – Светловское и 11 – Верхне-Угаханское)

В составе Догаддинской свиты по литолого-петрографическим особенностям, количественным соотношениям литологических разностей выделяются три подсвиты: нижняя, средняя и верхняя. Нижняя подсвита характеризуется наличием темно-серых метапесчаников, редких линз метагравелитов и сланцев. Толщина подсвиты составляет 200...400 м. Средняя подсвита по количественному соотношению слагающих пород, распределению углеродистого вещества и гранулометрии породы представлена переслаиванием малоуглеродистых, полевошпат-кварцевых метапесчаников с метаалевролитами, толщина подсвиты 430...700 м. В верхней подсвите наиболее распространены метапесчаники, меньше развиты сланцы и резко подчинены метаалевролиты и метагравелиты. Общая толщина свиты 500...800 м.

Илигирская свита заканчивает разрез верхнепротерозойских отложений Бодайбинского синклиория и подразделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты. В целом для пород этой свиты присуще развитие более разнообразной карбонатности (известковой, доломитовой, магнезиально-железистой) [18–20].

Четвертичные отложения, перекрывающие верхнепротерозойские образования, занимают около 45 % площади. В Бодайбинском районе преобладают закрытые ландшафты – залесенные и задернованные склоны, толщина мохового слоя составляет 0,5...1 м, под ним развит вечномёрзлый слой гумусо-торфянных отложений (толщина иногда >1 м), перекрывающих делювиально-солифлюкционные отложения.

Район весьма перспективен на открытие новых крупных месторождений золота, в поисках и изучении которых могут сыграть значительную роль геофизические методы. Необходимость их применения, наряду с прочим, диктуется вышеотмеченной «закрытостью» территории, где информация о коренных породах в большей части может быть получена лишь с помощью шурфов и канав [20], проходка которых, как известно, особенно в мерзлых грунтах, сопряжена с серьезными трудностями. Кроме того, наличие вечной мерзлоты резко снижает эффективность геохимических методов поисков.

Для определения возможностей электротомографии при решении поисково-разведочных задач нами были выполнены опытно-методические работы. Полевые наблюдения проведены на рудоносной площади в окрестностях во многом типичного для Бодайбинского золоторудного района коренного месторождения золота – Копыловского (рис. 1). Непосредственно для исследований было выбрано два профиля. Профиль № 1 был проложен в заведомо безрудной части участка, другой, № 2, – на рудоносной площади, и пересекал вкrest простирания рудную зону. Измерения проводились с 10-канальной многоэлектродной электроразведочной станцией Syscal-Pro Switch 72 производства фирмы IRIS Instruments по стандартной методике методом вызванной поляризации (ВП) с определением параметра поляризуемости (η_k) и удельного электрического сопротивления (ρ_k) геологической среды. Обработка полевых измерений и интерпретация полученных данных выполнены с использованием программных продуктов X2ipi (МГУ), Res2Dinv (Малайзия), ZondRes2D (СПбГУ) [3, 4].

Результаты измерений и соответствующей обработки по профилю № 1 показаны на рис. 2, а, б. Анализируя их, в первом приближении можно отметить, что разрез профиля № 1 существенно дифференцирован по удельному электрическому сопротивлению и практически однороден по параметру поляризуемости. Этот факт однозначно свидетельствует об отсутствии в пределах разреза участков (горизонтов), существенно различающихся по содержанию в них электронно-проводящих минералов, которыми на данной территории могут быть сульфиды, главным образом пирит и пирротин, а также участки глубоко измененные до графита (в процессе метаморфизма) углистого вещества сланцев.

При более детальном изучении рис. 2, а можно видеть, как отчетливо, местами скачкообразно, из-

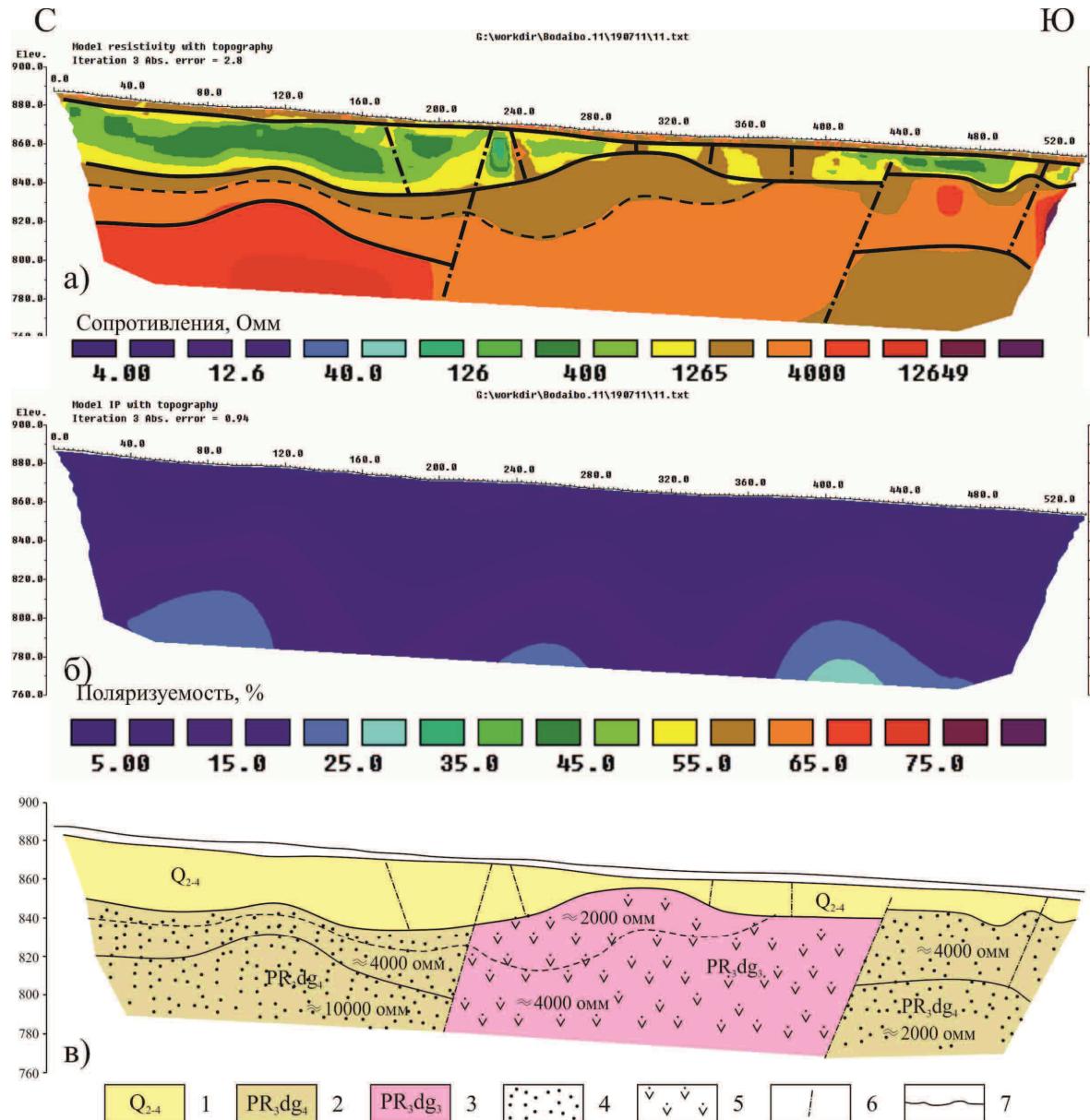


Рис. 2. Результаты электротомографических работ по профилю № 1: а) модель распределения сопротивлений; б) модель распределения поляризуемости; в) интерпретационный разрез; 1) четвертичные отложения; 2) верхняя подсвита Догалдынской свиты; 3) средняя подсвита Догалдынской свиты; 4) полимиктовые песчаники; 5) массивные мелкозернистые песчаники; 6) предполагаемые ослабленные зоны и тектонические нарушения; 7) предполагаемые геофизические границы

меняется удельное электрическое сопротивление разреза по падению и простиранию пород. На разрезе уверенно выделяются границы между участками разного значения ρ_k и вертикальные смещения этих границ.

Первая от дневной поверхности граница отделяет слой, имеющий в среднем значение удельного электрического сопротивления, изменяющееся в диапазоне 800...2000 Ом·м. Вполне допустимо, что эта граница является границей рыхлых (гумусоторфянных) отложений, перекрывающих четвертичные породы. Следующий (второй) слой в поле электросопротивления весьма четко отделяется от

ниже- и вышележащих образований. Вне всякого сомнения, он соответствует породам четвертичного возраста – делювиально-солифлюкционным отложениям, рис. 2, а.

По выделенным горизонтам с помощью электротомографии можно (главным образом по разрезу удельного электрического сопротивления) определить толщины почвенно-растительного покрова, делювиальных отложений, их неоднородность, обусловленную неравномерным оттаиванием (промерзанием) почв и делювия, а также распределением каменных потоков (курумных образований). Эти данные, безусловно, полезны при выборе мест

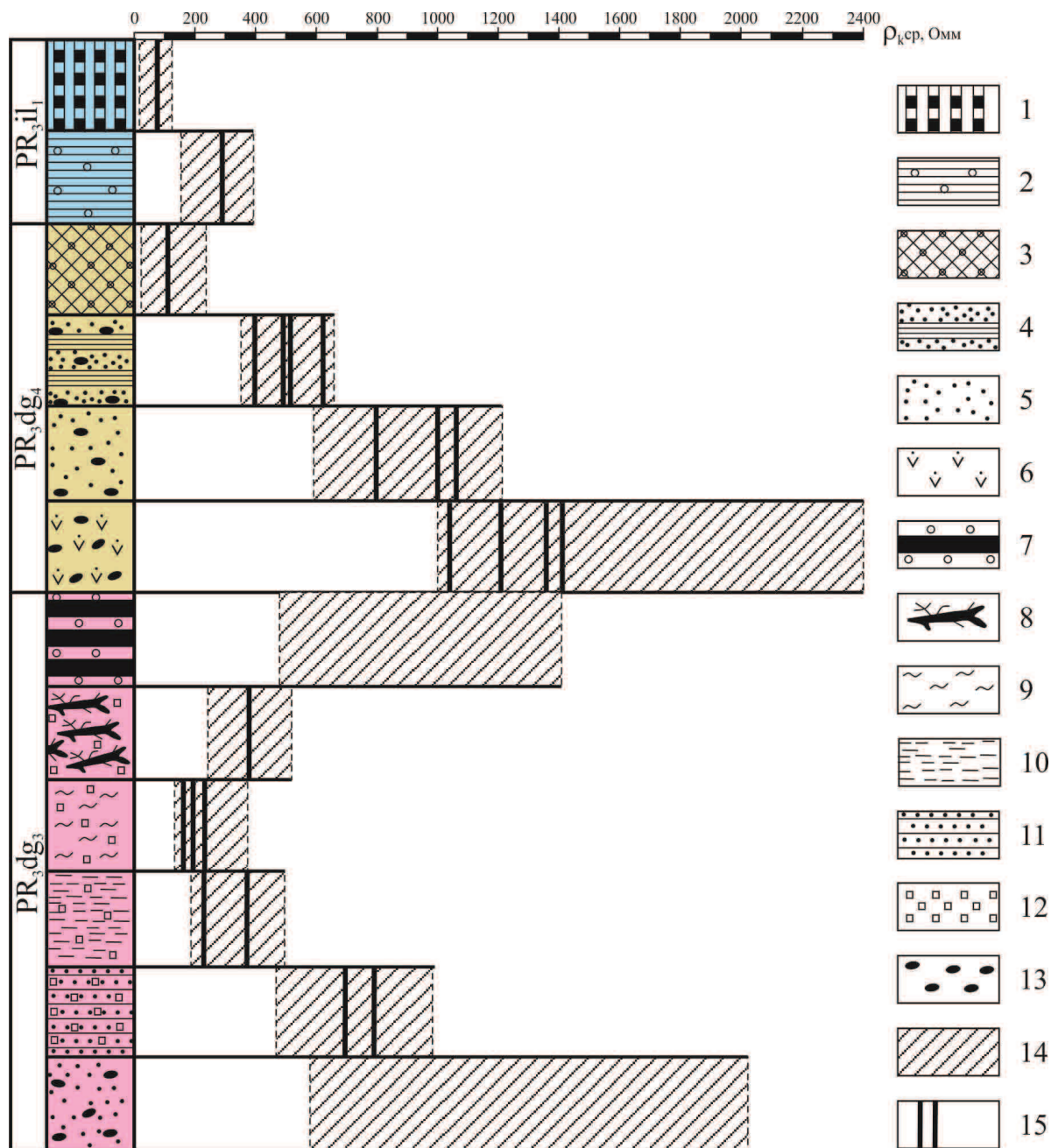


Рис. 3. Схематическая геолого-геофизическая колонка, составленная по параметрическим разрезам, изученным установкой срединного градиента (К.М. Радченко): 1) высокоуглистые интенсивно пиритизированные алевро-сланцы; 2) карбонизированные углистые песчано-сланцевые породы; 3) зоны вторично изменённых обводнённых песчаников; 4) песчано-алевролитовые породы; 5) полимиктовые песчаники; 6) массивные мелкозернистые песчаники; 7) кварцево-жильная зона; 8) зона вкраплено-прожилковой кварц-сульфидной минерализации; 9) зоны милонитов; 10) алевро-сланцы углистые; 11) песчаники олигомиктовые; 12) пиритовая минерализация; 13) пирротиновая минерализация; 14) области вариации значений для однотипных образований; 15) осреднённые значения по параметрическим профилям

заложения легких горных выработок, проходка которых является одним из главных видов работ при поиске и оценке новых золоторудных месторождений в Бодайбинском районе [20].

Согласно геологическим данным, под четвертичными отложениями на пр. № 1 располагаются полимиктовые и массивные тонкозернистые пе-

счаники разного возраста. Тонкозернистые песчаники (более древние) занимают центральную часть разреза, полимиктовые – боковые, отделяются друг от друга сквозными тектоническими нарушениями, которые уверенно выделяются в разрезе кажущегося удельного сопротивления по разрыву границ горизонтов.

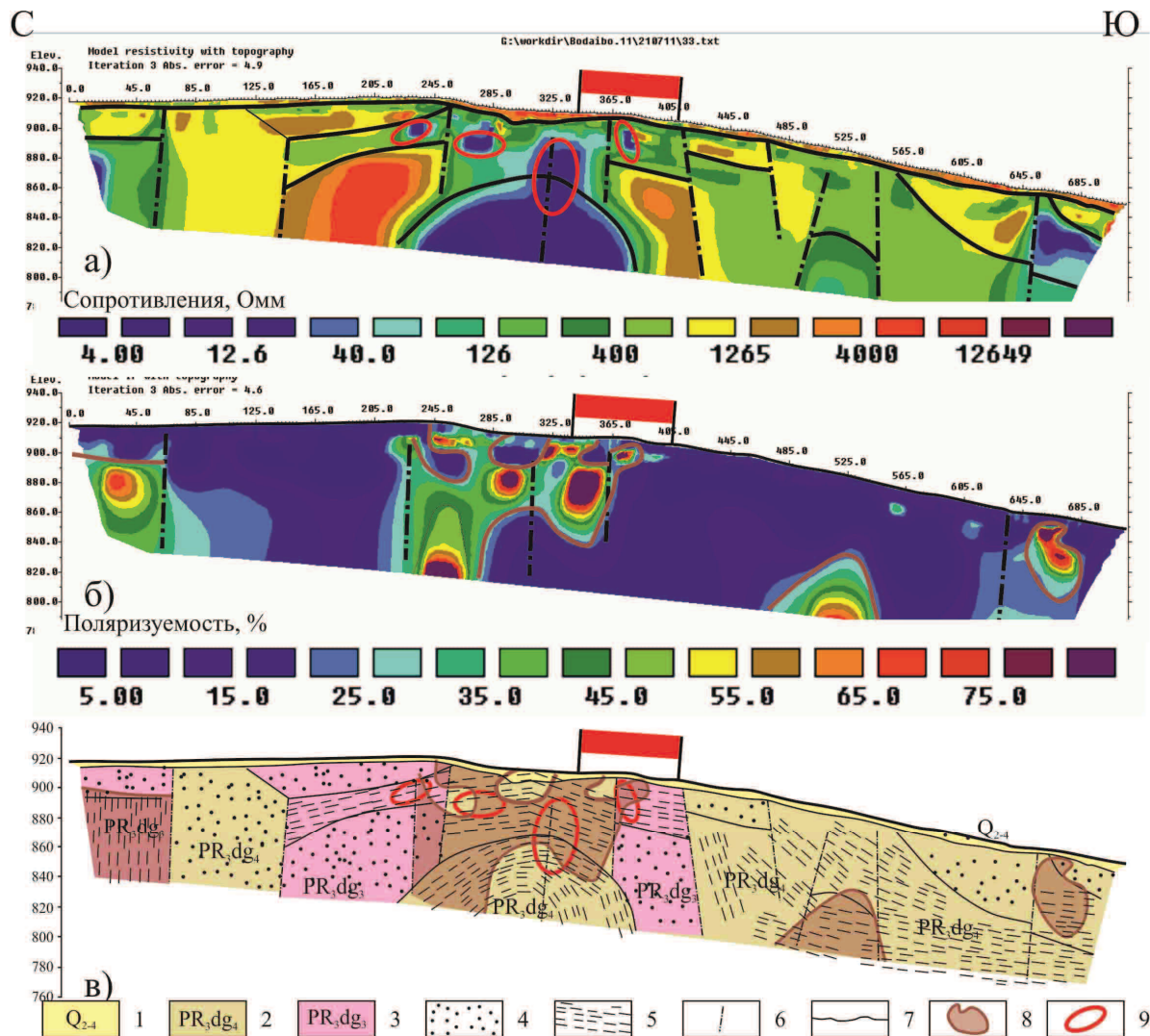


Рис. 4. Результаты электротомографических работ по профилю № 2: а) модель распределения сопротивлений; б) модель распределения поляризуемости; в) интерпретационный разрез; 1) четвертичные отложения; 2) верхняя подсвита Догалдынской свиты; 3) средняя подсвита Догалдынской свиты; 4) полимиктовые песчаники; 5) алевро-сланцы углистые; 6) предполагаемые ослабленные зоны и тектонические нарушения; 7) предполагаемые геофизические границы; 8) зоны повышенной поляризуемости; 9) зоны перспективные на оруденение по геофизическим данным

В целом данные электротомографии и результаты определения удельных электрических сопротивлений различных пород, составляющих Бодайбинскую вариантиаль (рис. 3), позволяют составить ряд вариантов геологического строения по пр. № 1, один из которых (по нашим представлениям наиболее вероятный) приведен на рис. 2, в. Для более однозначной расшифровки результатов электротомографии нужны дополнительные сведения, на которых мы в настоящей статье останавливаться не будем, поскольку они весьма специфичны и многообразны и обсуждение их далеко выходит за рамки темы настоящей статьи.

Профиль № 2 (рис. 4) расположен в западной части исследуемой площади и пересекает рудоносную антиклинальную складку в области её замыкания. Он, как это нетрудно видеть, и по характеру

изменения электрического разреза, и по изменению поляризуемости в нем существенно отличается от первого профиля. Вторым профилем в целом имеет более низкое электросопротивление пород, отчётливо видны локальные области повышенной поляризуемости. Это свидетельствует о том, что в его составе присутствуют углефицированные и сульфидизированные породы.

На разрезе удельного электрического сопротивления (рис. 4, а) четко проявляется антиклинальная структура, фиксируемая по форме изменения маркирующего низкоомного, скорее всего обуглероженного, горизонта песчаников. Пространственно с ней совпадает зона повышенной поляризуемости, включающая участки весьма высокой поляризуемости, часть из которых имеют и высокую электропроводимость.

Последние, несомненно, представляют собой высокоуглеродистые интенсивно сульфидизированные образования – потенциально рудоносные участки разреза. Весь же разрез является областью, породы в которой претерпели существенные изменения под действием региональных и локальных процессов метаморфизма и метасоматоза. Об этом свидетельствует ярко выраженная «пестрота» физических свойств, отражающая изменчивость в разрезе, а также состояние и состав вещества в нём.

Результаты совместного анализа электросопротивления и поляризуемости пород разреза по профилю № 2, с учетом данных схематической геолого-геофизической колонки (рис. 3) площади исследования, позволяют составить схематический геолого-геофизический разрез, один из вариантов ко-

торого приведен на рис. 4, в. Варианты здесь, как и в случае с пр. № 1, обусловлены значительными и перекрывающимися диапазонами изменения физических свойств практически всех разновидностей пород исследуемого района.

В итоге отметим, что возможности решения разведочных задач на золото с использованием методики электротомографии в Бодайбинском районе значительны. Её здесь можно успешно применять при детальных работах на рудоносных площадях для выявления наиболее перспективных участков на оруденение, изучать их структурное и тектоническое строение, прогнозировать местоположение рудных тел, давать оценку литологическому составу разрезов, определять толщины и строение чехла покровных отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dahlin T. The development of DC resistivity imaging techniques // *Computer and Geosciences*. – 2001. – V. 27. – № 9. – P. 1019–1029.
2. Griffiths D.H., Barker R.D. Two-dimensional resistivity imaging and modeling in areas of complex geology // *Journal of Applied Geophysics*. – 1993. – V. 29. – P. 211–226.
3. Loke M.H., Barker R.D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudo sections using a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*. – 1996. – V. 44. – P. 131–152.
4. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации / А.А. Бобачев, А.А. Горбунов, И.Н. Модин, В.А. Шевнин // *Приборы и системы разведочной геофизики*. – 2006. – № 2. – С. 14–17.
5. Новые подходы к электрическим зондированиям горизонтально-неоднородных сред / А.А. Бобачев, М.Н. Марченко, И.Н. Модин, Е.В. Перваго, А.В. Урусова, В.А. Шевнин // *Физика Земли*. – 1995. – № 12. – С. 79–90.
6. Бобачев А.А., Модин И.Н. Электротомография со стандартными электроразведочными комплексами // *Разведка и охрана недр*. – 2008. – № 1. – С. 43–47.
7. Бобачев А.А., Яковлев А.Г., Яковлев Д.В. Электротомография – высокоразрешающая электроразведка на постоянном токе // *Инженерная геология*. – 2007, Сентябрь. – С. 31–35.
8. Бобачев А.А., Ерохин С.А. Практика применения электротомографии на малоглубинных акваториях // *Инженерные изыскания*. – 2011. – № 11. – С. 24–29.
9. Применение электротомографии для решения археологических задач / А.А. Бобачев, И.В. Журбин, И.Н. Модин, В.А. Шевнин // *Инженерная и рудная геофизика-2009: Тезисы докладов V Междунар. научно-практ. конф.* – Геленджик, 26–30 апреля 2009.
10. Изучение речных палеодолин в четвертичных отложениях береговой зоны Вьетнама методом электрической томографии / Р.Г. Кулинич, Д.Ч. Танг, Г.Н. Шкабарня, И.В. Дмитриев, В.М. Никифоров // *Вестник ДВО РАН*. – 2009. – № 4. – С. 42–49.
11. Нетруненко А.Г., Власов В.В., Бобачев А.А. Технология электротомографии для картирования тектонических нарушений при инженерно-геологических изысканиях под строительство тоннелей // *Инженерная и рудная геофизика-2010: Тезисы докладов VI Междунар. научно-практ. конф.* – Геленджик, 26–30 апреля 2010.
12. Павлова А.М., Шевин В.А. 3D-Электротомография при исследовании ледниковых отложений // *Геофизика*. – 2013. – № 6. – С. 32–37.
13. Геофизические исследования археологических памятников в Северо-Западной Монголии в 2005 г. / М.И. Эпов, В.И. Молодин, А.К. Манштейн, Ю.А. Манштейн, Е.В. Балков, М.А. Чемякина, Э.П. Шурина, К.В. Ковбасов // *Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий*. – Новосибирск, ИАЭТ СО РАН, 2005. – Т. XI. – С. 503–508.
14. Ерохин С.А., Бобачев А.А. Исследование перспективного золоторудного участка в Северной Якутии с помощью электротомографии // *Инженерная и рудная геофизика: Тезисы докладов V Междунар. научно-практ. конф.* – Геленджик, 26–30 апреля 2009.
15. Пустозеров М.Г. Современные геофизические технологии при золотопроисковых работах в ЗАО «Полус» // *Разведка и охрана недр*. – 2008. – № 1. – С. 11–16.
16. Межскважинная электротомография при изучении глубоко залегающего рудного тела в Норильском районе / В.А. Куликов и др. // *Геофизика*. – 2013. – № 1. – С. 27–34.
17. Спиридонов А.М., Зорина Л.Д. Геолого-генетические модели золоторудных месторождений Забайкальской части Монголо-Охотского складчатого пояса // *Геология и геофизика*. – 2006. – Т. 47. – № 11. – С. 1158–1168.
18. Корольков А.Т. Геодинамические особенности металлогенических формаций золоторудных районов Забайкалья // *Известия Томского политехнического университета*. – 2005. – Т. 308. – № 6. – С. 53–57.
19. Иванов А.И. Основные черты геологического строения и золотоносность Бодайбинского района // *Руды и металлы*. – 2008. – № 3. – С. 43–61.
20. Иванов А.И. Опыт прогнозирования, поисков и оценки новых золоторудных месторождений в Бодайбинском районе // *Разведка и охрана недр*. – 2008. – № 2. – С. 11–16.

Поступила 22.05.2014 г.

UDC 550.83:550.814:553.41

EFFICIENCY OF RESISTIVITY AND INDUCED POLARIZATION METHOD IN ELECTRICAL TOMOGRAPHY MODIFICATION IN BODAYBO GOLDEN ORE DISTRICT

Mohammed Mohammed Atef,

Sohag University, Nasr City Street, Sohag, 82524, Arab Republic of Egypt.

E-mail: mohammedhassoup@yahoo.com

Leonid Ya. Erofeev,

Dr. Sc., Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050,

Russia. E-mail: Erofeev_Leonid@tpu.ru

Alexander N. Orekhov,

Cand. Sc., Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050,

Russia. E-mail: orekhovan@mail.tomsknet.ru

Relevance of the study is caused by the need to improve the effectiveness of the geophysical methods in exploration work in leading gold ore provinces of Siberian region.

The main aim of the study is to determine the capabilities of a new modification of electro prospecting – electrical tomography of the induced polarization variant in gold regions of stacked carbon-terrigenous (black shale) strata to solve the complex of exploration tasks; to determine the range of geological problems and to solve the major complicating factors.

The methods used in the study: To identify the opportunities of electrical tomography the authors have carried out the field research and methodological work in a typical gold-bearing region of Siberia – Bodaibo syncline within which gold is mined more than 150 years and where significant amount of large gold deposits was opened, including the giant Sukhoi Log deposit.

The Results: It was ascertained that electrical tomography has great possibilities in conditions of black shale deposits containing significant gold deposits: it can help in assessing the thickness and composition of the coating (including Quaternary) deposits, chalking the places of major tectonic faults, identifying the main features of the structural framework, predicting the localization of individual sites orebodies (mineralized zones). The paper introduces the conditions complicating the work and characterizes the main problems associated with the geological interpretation of the results of tomographic works.

Key words:

Bodaybo area, golden ore deposits, geophysical methods of prospecting and exploration, efficiency, electrical prospecting, electrical tomography.

REFERENCES

1. Dahlin T. The development of D C resistivity imaging techniques. *Computer and Geosciences*, 2001, vol. 27, no. 9, pp. 1019–1029.
2. Griffiths D.H., Barker R.D. Two-dimensional resistivity imaging and modeling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*, 1993, vol. 29, pp. 211–226.
3. Loke M.H., Barker R.D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudo sections using a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 1996, vol. 44, pp. 131–152.
4. Bobachev A.A., Gorbunov A.A., Modin I.N., Shevnin V.A. Elektrotomografiya metodom soprotivleniy i vyzvannoy polarizatsii [Electrical tomography by resistance and induced polarization]. *Pribory i sistemy razvedachnoy geofiziki – Instruments and systems exploration geophysics*, 2006, no. 2, pp. 14–17.
5. Bobachev A.A., Marchenko M.N., Modin I.N., Pervago E.V., Uru-sova A.V., Shevnin V.A. Novye podkhody k elektricheskim zondirovaniyam gorizontarno-neodnorodnykh sred [New approaches to electrical soundings of horizontally inhomogeneous media]. *Fizika Zemli – Physics of the Solid Earth*, 1995, no. 12, pp. 79–90.
6. Bobachev A.A., Modin I.N. Elektrotomografiya so standartnymi elektrorazvedochnymi kompleksami [Electrical tomography with standard electric prospecting complexes]. *Razvedka i okhrana nedr – Exploration and protection of the natural resources*, 2008, no. 1, pp. 43–47.
7. Bobachev A.A., Yakovlev A.G., Yakovlev D.V. Elektrotomografiya – vysokorazreshayushchaya elektrorazvedka na postoyannom toke [Electrical tomography is the high-resolution electric prospecting with direct current]. *Ingenernaya geologiya – Engineering geology*, 2007, September, pp. 31–35.
8. Bobachev A.A., Erokhin S.A. Praktika pimeneniya elektrotomografii na maloglubinnnykh akvatoriakh [Application of shallow waters elektrotomography]. *Inzenernye izyskaniya – Engineering surveys*, 2011, no. 11, pp. 24–29.
9. Bobachev A.A., Zhurbin I.V., Modin I.N., Shevnin V.A. Primene-nie elektro tomografii dlya resheniya arkhelogicheskikh zadach [Elektrotomography application for solving archaeological problems]. *Inzenernaya i rudnaya geofizika-2009: Tezisy dokladov V Mezhdunarodnoy nauchno-practicheskoy konferentsii* [Engineering and mining geophysics-2009: Proc. V International Scientific and Practical Conference]. Gelendzhik, 26–30 April, 2009.
10. Kulnich R.G., Tang D.C., Skabarnya G.N., Dmitriev I.V., Nikiforov V.M. Izuchenie rechnykh paleodolin v chetvertichnykh otlozeniyakh beregovoy zony Vietnama metodom elektricheskoy tomografii [Study of rivers paleovalleys in Quaternary sediments of the coastal zone of Vietnam by electrical tomography]. *Vestnik DVO – Bulletin of the Far Eastern District*, 2009, no. 4, pp. 42–49.
11. Netrunenko A.G., Vlasov V.V., Bobachev A.A. Tekhnologiya elektrotomografii dlya kartirovaniya tektonicheskikh narushe-niy pri inzenerno-geologicheskikh izyskaniakh pod stroitelstvo tonneley [Electrical tomography for mapping the tectonic disturbances in geotechnical investigations for tunnel construction]. *Inzenernaya i rudnaya geofizika-2010: Tezisy dokladov VI Mezhdunarodnoy nauchno-practicheskoy konferentsii* [Engineering and mining geophysics-2010. Proc. VI International Scientific and Practical Conference]. Gelendzik, 26–30 April, 2010.
12. Pavlova A.M., Shevnin V.A. 3D-elektrotomografiya pri issledovaniakh ledikovykh otlozeniy [3D- electrical tomography when stu-

- dying of glacial deposits]. *Geofizika – Geophysics*, 2013, no. 6, pp. 32–37.
13. Epov M.I., Molodin V.I., Manstein A.K., Balkov E.V., Chemyakina M.A., Shurina E.P., Kovbasov K.V. Geofizicheskie issledovaniya arkhеologicheskikh pamyatnikov v severo-zapadnoy Mongolii v 2005 godu [Geophysical exploration of archaeological sites in the North-Western Mongolia in 2005]. *Problemy arkhеologii, etnografii, antropologii Sibiri i sopredelnykh territoriy* [Problems of archeology, ethnography, anthropology, Siberia and adjacent territories]. Novosibirsk, IAE SDRAC, 2005. Vol. XI, pp. 503–508.
 14. Erokhin S.A., Bobachev A.A. Issledovanie perspektivnogo zolotorudnogo uchastka v severnoy Yakutii s pomoshchyu elektrotomografii [Study of prospective gold area in Northern Yakutia using electrical tomography]. *Inzenernaya i rudnaya geofizika-2009: Tezisy dokladov V Mezhdunarodnoy nauchno-practicheskoy konferencii* [Engineering and mining geophysics-2009. Proc. V International Scientific and Practical Conference]. Gelendzik, 26–30 April, 2009.
 15. Pustozеров M.G. Sovremennye geofizicheskiye tekhnologii pri zolotoposkovkh rabotakh v ZAO «Polyus» [Modern geophysical technologies in golden search works in «Polyus»]. *Razvedka i okhrana nedr – Exploration and protection of the natural resources*, 2008, no. 1, pp. 11–16.
 16. Kulikov V.A. Mezhskvazhinnaya elektrotomografiya pri izuchenii gluboko zalegayushchego rudnogo tela v Norilskom rayone [Inter-well electrical tomography at the study of deep ore body in the Norilsk area]. *Geofizika – Geophysics*, 2013, no. 1, pp. 27–34.
 17. Spyridonov A.M., Zorina L.D. Geologo-geneticheskiye modeli zolotorudnykh mestorozhdeniy Zabaykalskoy chasti Mongolo-Okhotskogo skladchatogo poyasa [Geological-genetic models of gold deposits of the Trans-Baikal Mongolia-Okhotsk fold belt]. *Geologia i geofizika – Geology and Geophysics*, 2006, vol. 47, no. 11, pp. 1158–1168.
 18. Korolkov A.T. Geodinamicheskie osobennosti metallogenicheskikh formatsiy zolotorudnykh rayonov Zabaykalya [Geodynamic features of gold metallogenic formations districts of Transbaikal area]. *Izvestiya Tomskogo Polytechnicheskogo Universiteta – Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2005, vol. 308, no. 6, pp. 53–57.
 19. Ivanov A.I. Osnovnye cherty geologicheskogo stroeniya i zolotonosnost Bodaibinskogo rayona [The main features of geological structure and gold content of Bodaibo Area]. *Rudy i metally – Ores and metals*, 2008, no. 3, pp. 43–61.
 20. Ivanov A.I. Opyt prognozirovaniya, poiskov i otsenki novykh zolotorudnykh mestorozhdeniy v Bodaybinskom rayone [Experiment expectation, exploration and evaluation of the new gold deposits in the area Bodaibo]. *Razvedka i okhrana nedr – Exploration and protection of natural resources*, 2008, no. 2, pp. 11–16.