

Научная статья
УДК 550.8
<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2026-1-12-18>
EDN XZRKVK

Электромагнитные методы и технологии в геологическом поиске полезных ископаемых

Алла Викторовна Ревина[✉],
Валерия Вячеславовна Плотникова, Мария Евгеньевна Ем

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, alla.revina2104@yandex.ru*[✉]

Аннотация. В условиях постоянно возрастающей всеобщей потребности в минеральных ресурсах, которая обусловлена в том числе и усложнением геологоразведочных работ, особую актуальность приобретают высокоэффективные и технологичные методы поиска новых запасов полезных ископаемых. Электромагнитные методы, основанные на принципах индукции и измерении отклика геологической среды на электромагнитное поле, являются одним из наиболее динамично развивающихся направлений в геофизике. Они позволяют дистанционно, с высокой детальностью и на значительных глубинах выявлять и оценивать месторождения различных полезных ископаемых: от проводящих рудных тел (медь, никель, полиметаллы) до углеводородных коллекторов и водоносных горизонтов. В статье проводится комплексный анализ ключевых электромагнитных технологий, применяемых в геологоразведке. Представлен краткий экскурс в историю развития электро- и магнитной разведки, помогающий более точно представить эволюционирование методов исследования земных недр. Рассматривается роль электромагнитных методов в решении прикладных задач гидрогеологии, инженерной геологии и экологического мониторинга, что подчеркивает их междисциплинарное влияние. Обозначены перспективные векторы развития, связанные с миниатюризацией оборудования, увеличением глубины исследований.

Ключевые слова: электромагнитные методы, геологический поиск, полезные ископаемые, временный электромагнитный метод, постоянный электромагнитный метод, геологоразведка

Для цитирования: Ревина А. В., Плотникова В. В., Ем М. Е. Электромагнитные методы и технологии в геологическом поиске полезных ископаемых // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2026. № 1. С. 12–18. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2026-1-12-18>. EDN XZRKVK.

Original article

Electromagnetic methods and technologies in geological prospecting for minerals

Alla V. Revina[✉], *Valeria V. Plotnikova, Maria E. Em*

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, alla.revina2104@yandex.ru*[✉]

Abstract. In the context of the ever-increasing universal demand for mineral resources, which is caused, among other things, by the increasing complexity of geological exploration, highly efficient and technological methods of searching for new mineral reserves are becoming particularly relevant. Electromagnetic methods based on the principles of induction and measurement of the response of the geological environment to an electromagnetic field are one of the most dynamically developing areas in geophysics. They make it possible to identify and evaluate deposits of various minerals remotely, with high detail and at considerable depths: from conducting ore bodies (copper, nickel, polymetals) to hydrocarbon reservoirs and aquifers. The article provides a comprehensive analysis of key electromagnetic technologies used in geological exploration. A brief overview of the history of the development of electro- and magnetic exploration is presented, which helps to more accurately represent the evolution of methods for exploring the Earth's interior. The role of electromagnetic methods in solving applied problems of hydrogeology, engineering geology and environmental monitoring is considered, which underlines their interdisciplinary influence. Promising development vectors related to the minimization of equipment and an increase in the depth of research are outlined.

Keywords: electromagnetic methods, geological prospecting, minerals, temporary electromagnetic method, permanent electromagnetic method, geological exploration

For citation: Revina A. V., Plotnikova V. V., Em M. E. Electromagnetic methods and technologies in geological prospecting for minerals. *Oil and gas technologies and environmental safety*. 2026;1:12-18. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2026-1-12-18>. EDN XZRKVK.

Введение

Электромагнитные методы и технологии в геологическом поиске полезных ископаемых представляют собой важный инструмент, который значительно расширяет возможности геофизических исследований. В последние десятилетия к ним наблюдается рост интереса, что связано с их высокой эффективностью и точностью в выявлении и картировании полезных ископаемых. В условиях истощения традиционных месторождений и увеличения сложности геологических условий электромагнитные методы становятся незаменимыми для геологов и геофизиков. Они позволяют не только выявлять месторождения, но и проводить детальное картирование геологических структур, что является ключевым для успешной разработки месторождений. Введение в данную область требует понимания и теоретических основ, и практических аспектов применения электромагнитных технологий.

Цель исследования – оптимизировать процессы поиска и разведки полезных ископаемых в условиях растущей конкуренции на рынке ресурсов с целью более рационального использования природных богатств.

Задачи исследования:

1) рассмотреть основные принципы действия электромагнитных методов, а также их роль в геофизических исследованиях, с целью создания базы для дальнейшего изучения более сложных аспектов применения этих технологий;

2) проследить историческое развитие электромагнитных методов, их эволюцию и адаптацию к современным требованиям;

3) изучить применение электромагнитных методов для идентификации проводящих рудных тел, как они позволяют эффективно находить и оценивать запасы полезных ископаемых, а также их преимущества по сравнению с традиционными методами разведки;

4) проанализировать картирование геологических структур, а именно, как электромагнитные исследования помогают в создании точных карт, что в свою очередь способствует более эффективному планированию геологоразведочных работ;

5) рассмотреть современные достижения в области технологий электроразведки, новейшие разработки и инновации, которые позволяют повысить точность и эффективность электромагнитных исследований, в т. ч. для исследования подземных вод, что становится все более актуальным в условиях изменения климата и увеличения потребления вод-

ных ресурсов;

6) обсудить перспективы развития электромагнитных методов в геологии, рассмотреть, какие новые технологии и подходы могут появиться в будущем, а также как они могут изменить подходы к поиску и разведке полезных ископаемых.

Общие сведения об электромагнитных методах

Электромагнитные методы представляют собой мощные инструменты, используемые в геологическом поиске полезных ископаемых. Их суть заключается в измерении электромагнитных полей, которые создаются как природными, так и искусственными источниками. Этот подход позволяет получать информацию о проводимости горных пород и выявлять различные геологические структуры. Практическое применение электромагнитных методов охватывает не только характеристики полезных ископаемых, но и подземных вод, а также условия для инженерной геологии и экологии [1].

Важным аспектом электромагнитных методов является их способность к оценке физико-химических свойств геологических образований. Методология охватывает множество конфигураций зондирования, позволяя настраивать исследования под конкретные цели. Например, одноконтурная конфигурация часто используется для изучения водоносных горизонтов, что позволяет более эффективно оценивать наличие подземных вод и их характеристики [2]. Современные технологии, такие как импульсное зондирование, дают возможность получать более точные данные о геологической среде.

Исторически электромагнитные методы начали развиваться вместе с увеличением потребностей в разведке минеральных ресурсов. Первоначально применялись только простые способы регистрации электромагнитных полей, однако с течением времени устройства и методы измерения стали более сложными и точными. Разработка различных технологий и программного обеспечения, используемого для анализа данных, внесла важный вклад в эту область, позволяя быстрее и надежнее получать результаты [3]. Существующие методики постоянно адаптируются и совершенствуются, открывая новые горизонты для эффективного поиска полезных ископаемых.

Наряду с техническими аспектами электромагнитные методы имеют важное значение в контексте безопасности окружающей среды. Поскольку эти технологии часто применяются для оценки воздействия на экосистемы, они помогают минимизиро-

вать риски, связанные с добычей полезных ископаемых. Например, изучение подземных вод и их качества дают возможность направлять усилия на защиту природных ресурсов. В современных условиях, когда экология является все более актуальной проблемой, использование электромагнитных методов для исследований становится особенно важным.

Таким образом, электромагнитные методы и технологии играют важную роль в геологическом поиске полезных ископаемых, адаптируясь к современным требованиям и охватывая различные аспекты геологических исследований.

Историческое развитие электромагнитных методов

История электромагнитных методов в геологии начинается с первых исследований начала XIX в. В 1829 г. Р. В. Фокс провел измерения естественных электрических полей на медноколчеданных месторождениях в Корнуолле (Англия). Эти исследования стали основой для дальнейшего развития методов электромагнитной разведки, например, таких как электро- и магнитной разведок.

К началу XX в., в 1903 г., значительным вкладом в развитие электромагнитных методов стало исследование русского инженера Е. И. Рагозина, в котором было подробно описано применение электричества для геологической разведки руд. Его работа дала толчок для внедрения электроразведки в практику и научные исследования.

Электроразведка включает в себя использование как естественных, так и искусственных электромагнитных полей для изучения характеристик горных пород и нахождения месторождений полезных ископаемых, подземных вод и даже для инженерной геологии [4]. Такое разнообразное применение подчеркивает важность электромагнитных методов в геологических исследованиях. Магнитная разведка сосредоточена на изучении намагниченности горных пород и помогает в картировании геологических структур, выявляя скрытые аномалии, и предоставляет понимание о тектонических процессах, происходящих в недрах Земли [5]. Однако, несмотря на свои преимущества, современные методы сталкиваются с проблемами, связанными с высокой стоимостью и необходимостью учета геологических и технических факторов, влияющих на точность измерений.

Наряду с использованием магнитных методов, активно продолжается развитие различных разновидностей электромагнитных технологий. Научные исследования в этой области фокусируются на применении современных технологий для решения геологических задач, что включает в себя картирование зон тектонической активности и изучение минералов. Например, магнитотеллурические методы представляют собой интеграцию электромагнитных

подходов и позволяют получить новое представление о глубинных геологических структурах.

Таким образом, историческое развитие электромагнитных методов иллюстрирует эволюцию подходов к пониманию и исследованию Земли. Дальнейшие научные усилия и технологические прорывы помогут внести вклад в улучшение методов, что в свою очередь приведет к более точным и экономически эффективным решениям в геологическом поиске полезных ископаемых.

Применение в идентификации проводящих рудных тел

Электромагнитные методы в геологии представляют собой важный инструмент для идентификации проводящих рудных тел. Этот метод основан на принципе создания электромагнитного поля с использованием гармонического тока низкой частоты, который проходит через специальные кабели и заземляется в проводящих образованиях. С помощью данной технологии возможно выявление рудных месторождений, а также подземных вод и других важных геологических структур.

Технологии, используемые в электромагнитной разведке, включают профилирование и измерение электрических и магнитных компонентов полей, таких как радиоволновое просвечивание и межскважинная электротомография. Главным критерием данного анализа является удельное электрическое сопротивление, позволяющее различать материалы с высокой проводимостью, например металлические руды. Эти методы активно применяются не только в поисковой геологии, но и в инженерной геологии и археологии, что подчеркивает их универсальность.

Современные системы, такие как аэросистема EM-4Н, значительно ускоряют процессы разведки, обеспечивая получение детализированных магнитных карт и эффективное исследование сложных и небольших геологических структур. Эта система базируется на использовании высокочастотных магнитных сигналов, что существенно улучшает качество данных и увеличивает продуктивность исследований [6]. Широкое применение аэромагнитной разметки оптимизирует процессы поиска и извлечения полезных ископаемых, позволяя исследовать даже такие недоступные места, как кимберлитовые трубки, которые являются важными объектами для добычи алмазов.

Актуальность электромагнитных методов обоснована тем, что они приводят к существенному сокращению временных сроков выполнения полевых работ и дают возможность создания высококачественных геологических карт. Обработка результатов, полученных с помощью этих технологий, не только выявляют полезные ископаемые, но и улучшают методы управления ресурсами, что

крайне важно в условиях растущей потребности в минеральных ресурсах.

Картирование геологических структур

Методы электромагнитной разведки находятся в центре внимания современных геологических исследований, т. к. дают возможность получить информацию о структуре и составе земной коры. Эта информация критически важна для поиска полезных ископаемых, особенно в условиях сложной геологической обстановки. Электромагнитные методы, такие как фаза измерения кажущихся сопротивлений и индукционные технологии, обеспечивают высокую точность и детализацию картирования геологических структур [7].

Электромагнитная разведка в последние десятилетия претерпела значительные изменения. Аэромагнитная и другие современные технологии заметно увеличили скорость и эффективность картирования, т. к. они способны быстро охватывать большие площади, что позволяет выявлять даже мелкие геологические образования. Ключевым достоинством этих методов является их способность различать проводящие и непроводящие материалы, что открывает возможности для исследования месторождений полезных ископаемых и подземных вод.

История использования электромагнитных методов в геологии насчитывает множество этапов. Первые упоминания об использовании магнитных полей для геологических исследований встречаются в XIX в. Этот метод развивался постепенно, начиная с простых измерений магнитного поля до внедрения сложных индукционных технологий, которые стали основными в электротектонике и магниторазведке [3]. Применение таких исследований в России началось в 1920-х гг. и за прошедшие десятилетия заняло значительное место в геофизических работах.

Электромагнитные исследования находят свое применение не только в геологическом поиске, но и в различных смежных областях, таких как археология и экология. Основной задачей является детализированное картирование, которое позволяет не только идентифицировать полезные ископаемые, но и изучить их распределение на больших глубинах, что имеет большое значение для оценки запасов.

Таким образом, использование электромагнитных методов стало значимой частью геологических исследований, привнося новые возможности и подходы к картированию, что способствует более глубокому пониманию процессов, происходящих в глубинах Земли.

Технологии электроразведки: современные достижения

Современные электроразведочные технологии достаточно разнообразны и широко применяются на различных этапах геологического поиска полез-

ных ископаемых. Они основываются на изучении электромагнитных полей, что позволяет получать ценную информацию о расположении и характере рудных тел в земной коре. Применяемые методы, определяемые в зависимости от конкретных задач, включают индукционные методы, методы кажущихся сопротивлений, а также более современные подходы, такие как электротомографию и методы спектральной вызванной поляризации.

Эти технологии получили существенный толчок в развитии благодаря внедрению новых компьютерных систем и спутниковых технологий. За последние два десятилетия значительно улучшены параметры разрешающей способности и точности электромагнитных исследований, что обеспечило более глубокое понимание геологических структур и упрощение интерпретации полученных данных. Технологии, такие как магнитотеллурические методы, стали важными инструментами для изучения сложных геологических контекстов и помогают создавать детализированные геологические разрезы [8].

Удельное электрическое сопротивление и электропроводность, как ключевые параметры, варьируются более чем на пять порядков в зависимости от состава горных пород и их минералогического состава. Это позволяет специалистам выделять различные типы природных ресурсов, включая металлы и углеводороды. Например, использование трехмерного зондирования с применением многоэлектродной системы делают возможным получить данные о распределении проводимости в геологическом разрезе, что крайне актуально для поиска месторождений [9].

Инновации в области электроразведки также включают автоматизированные методы инверсии данных, которые значительно оптимизируют анализ собранной информации. Это приводит к сокращению времени на интерпретацию и повышению эффективности геологоразведочных работ. Внедрение таких решений не только повышает уровень добычи полезных ископаемых, но и способствует улучшению экологической безопасности процессов разведки.

С точки зрения регулирования и стандартизации современные электроразведочные технологии продолжают развиваться, а их применение становится более универсальным. Параллельно с усовершенствованием оборудования наблюдается рост интереса к экологическим аспектам эксплуатации ресурсов, что делает рынок более конкурентоспособным. В поддержку этого процесса необходимы дальнейшие исследования, направленные на улучшение методологии и расширение применения методов электроразведки в различных геологических условиях.

Таким образом, электроразведка – это не просто набор методов, а целая область науки, находящаяся на стыке различных дисциплин, которая откры-

вает перед геологами новые горизонты для поиска полезных ископаемых, что является необходимостью в условиях постоянного спроса на природные ресурсы и потребность в более устойчивых и безопасных способах их извлечения.

Электромагнитные исследования подземных вод

Электромагнитные методы играют важную роль в изучении подземных вод, обеспечивая понимание их динамики, распределения и влияния на экосистемы. Гидрогеологические исследования часто опираются на моделирование электрического поля, которое позволяет проанализировать электрические свойства подземных вод и их поведение в различных условиях. Эти методы служат основой для описания водоносных пород и типизации подземных вод, таких как грунтовые, межпластовые напорные и безнапорные воды, а также воды в условиях многолетнемерзлых пород.

Зона аэрации и зона насыщения – ключевые понятия для определения распределения подземных вод. В зоне аэрации вода обычно не заполняет пустоты породы полностью, в то время как в зоне насыщения поры заполнены водой в различных глубинах. Значение этих зон для управления водными ресурсами трудно переоценить, т. к. неправильное понимание их может привести к негативным экологическим и экономическим последствиям.

Динамика подземных вод определяет их взаимодействие с окружающими экосистемами. Электрическая проводимость водоносных пород зависит от их насыщенности водой, что объясняет, почему мониторинг подземных вод включает в себя изучение изменений плотности стороннего тока. Эти данные способствуют не только эффективно управлять водными ресурсами, но и понимать, как подземные воды формируют водный баланс в экосистемах.

Одной из важных задач является классификация подземных вод с целью определения их характера и условий залегания. Существуют разные критерии для классификации, такие как степень напорности и тип водоносной породы. Понимание этих характеристик имеет решающее значение для теоретических и практических исследований в области гидрологии [10].

Интеграция данных о подземных водах с существующими правилами охраны водных объектов критически важна для достижения устойчивого управления этими природными ресурсами. Анализ взаимодействия водных ресурсов с окружающей средой, включая влияние климатических изменений и антропогенной деятельности, также требует применения электромагнитных методов, что подчеркивает их актуальность в современных научных исследованиях.

Таким образом, электромагнитные методы представляют собой мощный инструмент для изучения

подземных вод и их динамики, способствуя лучшему пониманию гидрогеологических процессов и обеспечивая наличие надлежащих стратегий управления водными ресурсами.

Перспективы развития электромагнитных методов

Электромагнитные методы и технологии в геологическом поиске полезных ископаемых демонстрируют нарастающую востребованность и многообразие применения, что обуславливает их значимую роль в геофизике. Это направление стало краеугольным камнем изучения подземных ресурсов, объединяя физические принципы с современными технологическими достижениями. Для эффективного использования электромагнитных методов необходимо учитывать как теоретические основы, так и практические аспекты, что включает в себя модели, программное обеспечение и оборудование.

За последние десятилетия доступность электромагнитной разведки значительно возросла, и разнообразные ее факторы внедряются в различные отрасли, включая энергетический сектор и экологический мониторинг. Одним из наиболее значимых направлений является использование высокоточного моделирования для определения характеристик горных пород, что в свою очередь позволяет улучшить качество получаемых данных, снижая риски, связанные с добычей полезных ископаемых.

Развитие технологий также связано с созданием новых систем и протоколов, что способствует интеграции данных в более глобальные модели. К примеру, в контексте разведки углеводородов наблюдается применение пространственно-распределенных систем наблюдений, которые значительно улучшают уровень детализации. Современные решения предусматривают выполнение комплексных исследований и использование автоматизированных процессов в интерпретации результатов, что делает этот подход более универсальным.

Однако существуют и определенные вызовы, с которыми сталкивается современная электромагнитная разведка. Необходимость углубленного исследования и устойчивого интерпретационного анализа данных обостряет проблемы, связанные с растущими требованиями к качеству и надежности результатов. Уменьшение уровня шумов и повышение чувствительности устройств – это лишь часть задач, требующих внимания специалистов в данной области.

Таким образом, электромагнитные методы подходят для решения ряда задач, связанных с изучением и разведкой полезных ископаемых, и их дальнейшее развитие связано и с повышением уровня технологий, и с адаптацией к новым условиям и требованиям, предъявляемым рынком. С каждым годом появляются новые передовые методы и технологии, которые делают электромаг-

нитные исследования более доступными и эффективными.

Заклучение

Таким образом, электромагнитные методы и технологии играют ключевую роль в современном геологическом поиске полезных ископаемых. Их значимость трудно переоценить, т. к. они не только

способствуют более эффективному обнаружению и оценке ресурсов, но и помогают в решении экологических и экономических задач, связанных с их эксплуатацией. В условиях растущей конкуренции за природные ресурсы и необходимости их рационального использования, электромагнитные методы остаются и будут оставаться важным инструментом для геологов и исследователей в будущем.

Список источников

1. Горбачев Ю. И., Калинин А. В., Попов М. Г., Селиверстов Н. И., Хмелевской В. К., Шевнин В. А. Геофизические методы исследований. Учебное пособие для геофизических специальностей вузов. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2004. 227 с.
2. Хмелевской В. К., Горбачев Ю. И., Калинин А. В., Попов М. Г., Селиверстов Н. И., Шевнин В. А. Геофизические методы исследований. Учебное пособие для геофизических специальностей вузов. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2004. 232 с.
3. Kong F., Song J., Crosbie R. S., Barron O., Schafer D., Frontiers J.-Ph. P. Groundwater Hydrograph Decomposition With the HydroSight Model // *Frontiers in Environmental Science*. 2021. N. 9. P. 736400.
4. Блох Ю. И. Магнитная разведка. URL: <https://bigenc.ru/c/magnitnaia-razvedka-4dfb80> (дата обращения: 02.02.2025).
5. Магнитная разведка. URL: <https://bigenc.ru/c/magnitnaia-razvedka-4dfb80> (дата обращения: 12.03.2025).
6. Пат. 2430387 С2 Рос. Федерация. Электромагнитная разведка для резистивных или проводящих тел / Андреев Д. № 2007135175А; заявл. 03.02.2006; опубл. 27.03.2009.

7. Крутиков В. А., Малышков Ю. П., Гордеев В. Ф., Малышков С. Ю., Поливач В. И. Картирование геологических разломов методом регистрации электромагнитных полей ОНЧ диапазона // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2012. Т. 1, № 1. С. 245–250.
8. Куликов В. А., Яковлев А. Г. Возможности современных электроразведочных технологий при поисках и разведке твердых полезных ископаемых // *Тр. международ. геолого-геофиз. конф. «ГеоЕвразия 2018. Современные методы изучения и освоения недр Евразии»*, Москва, 05–08 февр. 2018 г. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2018. С. 705–709. EDN XMUCCT.
9. Куликов В. А., Яковлев А. Г., Поликарпова В. А. Некоторые вопросы современной рудной электроразведки // *Геодинамика и тектонофизика*. 2021. Т. 12, № S3. С. 731–747.
10. Эпов М. И., Фирсов А. П., Савлук А. В., Злыгостев И. Н. Магниторазведчик: нам сверху видно все // *Грани НАУКИ будущего*. 2016. Т. 71/72, № 5/6. URL: <https://scfh.ru/papers/magnitorazvedchik-nam-sverkhu-vidnovse/> (дата обращения: 05.03.2025).

References

1. Gorbachev Yu. I., Kalinin A. V., Popov M. G., Seliverstov N. I., Khmelevskoj V. K., Shevnin V. A. *Geofizicheskie metody issledovaniy. Uchebnoe posobie dlya geofizicheskikh special'nostej vuzov* [Geophysical research methods. Textbook for geophysical specialties of universities]. Petropavlovsk-Kamchatskij, Izd-vo KGPU, 2004. 227 p.
2. Khmelevskoj V. K., Gorbachev Yu. I., Kalinin A. V., Popov M. G., Seliverstov N. I., Shevnin V. A. *Geofizicheskie metody issledovaniy. Uchebnoe posobie dlya geologicheskikh special'nostej vuzov* [Geophysical research methods. Textbook for geological specialties of universities]. Petropavlovsk-Kamchatskij, Izd-vo KGPU, 2004. 232 p.
3. Kong F., Song J., Crosbie R. S., Barron O., Schafer D., Frontiers J.-Ph. P. Groundwater Hydrograph Decomposition With the HydroSight Model. *Frontiers in Environmental Science*, 2021, no. 9, p. 736400.
4. Blokh Yu. I. *Magnitnaya razvedka* [Magnetic exploration]. Available at: <https://bigenc.ru/c/magnitnaia-razvedka-4dfb80> (accessed: 02.02.2025).
5. *Magnitnaya razvedka* [Magnetic exploration]. Available at: <https://bigenc.ru/c/magnitnaia-razvedka-4dfb80> (accessed: 12.03.2025).
6. Andreh D. *Ehlektromagnitnaya razvedka dlya rezistivnykh ili provodyashchikh tel* [Electromagnetic exploration for resistive or conductive bodies]. Patent RF, no. 2007135175A, 27.03.2009.

7. Krutikov V. A., Malyshevskoy YU. P., Gordeev V. F., Malyshevskoy S. YU., Polivach V. I. Kartirovanie geologicheskikh razlomov metodom registracii ehlektromagnitnykh polej ONCH diapazona [Mapping of geological faults by recording UHF electromagnetic fields]. *Interekhspo Geo-Sibir'*, 2012, vol. 1, no. 1, pp. 245-250.
8. Kulikov V. A., Yakovlev A. G. *Vozmozhnosti sovremennykh ehlektrozvedochnykh tekhnologij pri poiskakh i razvedke tverdykh poleznykh iskopaemykh* [The possibilities of modern electrical exploration technologies in the search and exploration of solid minerals]. *Trudy mezhdunarodnoj geologo-geofizicheskoy konferencii «GeOEvrasiya 2018. Sovremennyye metody izucheniya i osvoeniya nedr Evraziy»*, Moskva, 05–08 fevralya 2018 g. Tver', OOO «PolIPRESS», 2018. Pp. 705-709. EDN XMUCCT.
9. Kulikov V. A., Yakovlev A. G., Polikarpova V. A. *Nekotorye voprosy sovremennoj rudnoj ehlektrozvedki* [Some issues of modern ore electrical exploration]. *Geodinamika i tektonofizika*, 2021, vol. 12, no. S3, pp. 731-747.
10. Ehpov M. I., Firsov A. P., Savluk A. V., Zlygostev I. N. *Magnitorazvedchik: nam sverkhu vidno vse* [Magnetorazvedchik: we can see everything from above]. *Grani NAUKI budushchego*, 2016, vol. 71/72, no. 5/6. Available at: <https://scfh.ru/papers/magnitorazvedchik-nam-sverkhu-vidnovse/> (accessed: 05.03.2025).

Статья поступила в редакцию 24.12.2025; одобрена после рецензирования 13.01.2026; принята к публикации 30.01.2026
The article was submitted 24.12.2025; approved after reviewing 13.01.2026; accepted for publication 30.01.2026

Информация об авторах / Information about the authors

Алла Викторовна Ревина – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры общеинженерных дисциплин и наземного транспорта; Астраханский государственный технический университет; alla.revina2104@yandex.ru

Alla V. Revina – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of General Engineering and Ground Transport; Astrakhan State Technical University; alla.revina2104@yandex.ru

Валерия Вячеславовна Плотникова – студент кафедры геологии нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; emmaria286@gmail.com

Valeria V. Plotnikova – Student of the Department of Geology of Oil and Gas; Astrakhan State Technical University; emmaria286@gmail.com

Мария Евгеньевна Ем – студент кафедры геологии нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; emmaria286@gmail.com

Maria E. Em – Student of the Department of Geology of Oil and Gas; Astrakhan State Technical University; emmaria286@gmail.com

