

Электроразведочные исследования — ключ к повышению геологической информативности на всех этапах ГРП

■ Мисюркеева Н.В.^{1,2}, Агафонов Ю.А.¹, Селяев В.А.¹, Токарева О.В.¹, Давыденко С.А.¹.

¹ СИГМА-ГЕО, г. Иркутск.

² ИЗК СО РАН, г. Иркутск.

Введение

Электроразведочные методы, в частности зондирование становлением поля (ЗСБ), магнитотилурическое зондирование (МТЗ) являются важным инструментом для повышения эффективности геологоразведочных работ на всех этапах, от поиска до эксплуатации месторождений, существенно повышая геологическую информативность за счет изучения распределения удельного электрического сопротивления в разрезе.

ЗСБ позволяет выявлять проводящие и непроводящие геологические объекты, такие как коллекторы нефти и газа, водоносные горизонты, карстовые полости и зоны трещиноватости, рудные тела, а также картировать глубинные структуры земной коры. Метод основан на анализе переходных процессов электромагнитного поля, что обеспечивает высокую детальность и глубинность исследований (до нескольких километров). Это делает ЗСБ эффективным инструментом для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, изучения осадочных бассейнов и решения инженерно-геологических задач.

Преимущества ЗСБ включают чувствительность к низкоомным объектам, возможность интеграции с другими геофизическими методами и экономическую эффективность по сравнению с сейсморазведкой и бурением. Однако метод требует квалифицированной интерпретации данных и чувствителен к электромагнитным помехам. Несмотря на это, ЗСБ остается важным инструментом для повышения геологической информативности на всех этапах геолого-

разведочных работ, от региональных исследований до детальной разведки и мониторинга месторождений.

Магнитотеллурическое зондирование (МТЗ) значительно повышает геологическую информативность за счет глубинности. Метод охватывает широкий диапазон частот, что обеспечивает возможность изучения геологического разреза на различных глубинах — от первых сотен метров до нескольких десятков километров. Позволяет эффективно выделять зоны с аномальными значениями удельного электрического сопротивления, что особенно важно для идентификации коллекторов, зон тектонических нарушений и флюидонасыщенных участков.

Региональный этап

Актуальные проблемы регионального этапа исследований связаны с оптимизацией выбора местоположения опорных и параметрических скважин в условиях значительной неопределенности, обусловленной недостаточной изученностью наличия и характеристик коллекторов. Важным аспектом на данной стадии исследований также является минимизация объемов высокочастотных сейсморазведочных работ 2D при одновременном обеспечении их проведения в зонах с максимальной вероятностью обнаружения нефтегазовых залежей.

Для выявления новых перспективных стратиграфических комплексов в пределах осадочного чехла, а также для тектонического и нефтегазогеологического районирования малоизученных территорий, необходимо применение комплексного подхода, включающего региональ-

ные геофизические исследования. К ним относятся магниторазведка, гравиразведка, сейсморазведка и электроразведка.

Сейсморазведку 2D применяют как основной метод изучения строения осадочного чехла и идентификации потенциальных ловушек. **Магниторазведка** позволяет выделить крупные тектонические структуры и зоны разломов. **Гравиразведка** применяется для изучения плотностных неоднородностей и выделения осадочных бассейнов;

Среди множества методов электроразведки на региональном этапе наиболее широко используются магнитотеллурические зондирования (МТЗ) и зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ).

МТЗ эффективны для исследования глубоких слоев земной коры и выделения зон с аномальной проводимостью, которые могут быть связаны с нефтегазовыми коллекторами;

ЗСБ применяемые для изучения более мелких структур и детализации данных. Метод ЗСБ нацелен на детальное изучение геоэлектрических свойств разреза до глубины 3–6 км [Агафонов, 2005; Поспеев, 2010; Буддо и др., 2021]

Проведение 2D сейсмо- и электроразведочных работ по совмещенной сети профилей обеспечивает получение взаимодополняющей информации, что повышает надежность интерпретации данных и снижает риски ошибок. Совместный анализ данных сейсморазведки, магнитотеллурических и гравиметрических исследований позволяет более точно выделить перспективные зоны и обосновать расположение скважин.

Рассматривая результаты региональных электроразведочных исследований на территории республики Саха (Якутия), уже на этапе качественной интерпретации (до инверсии) можно видеть общие

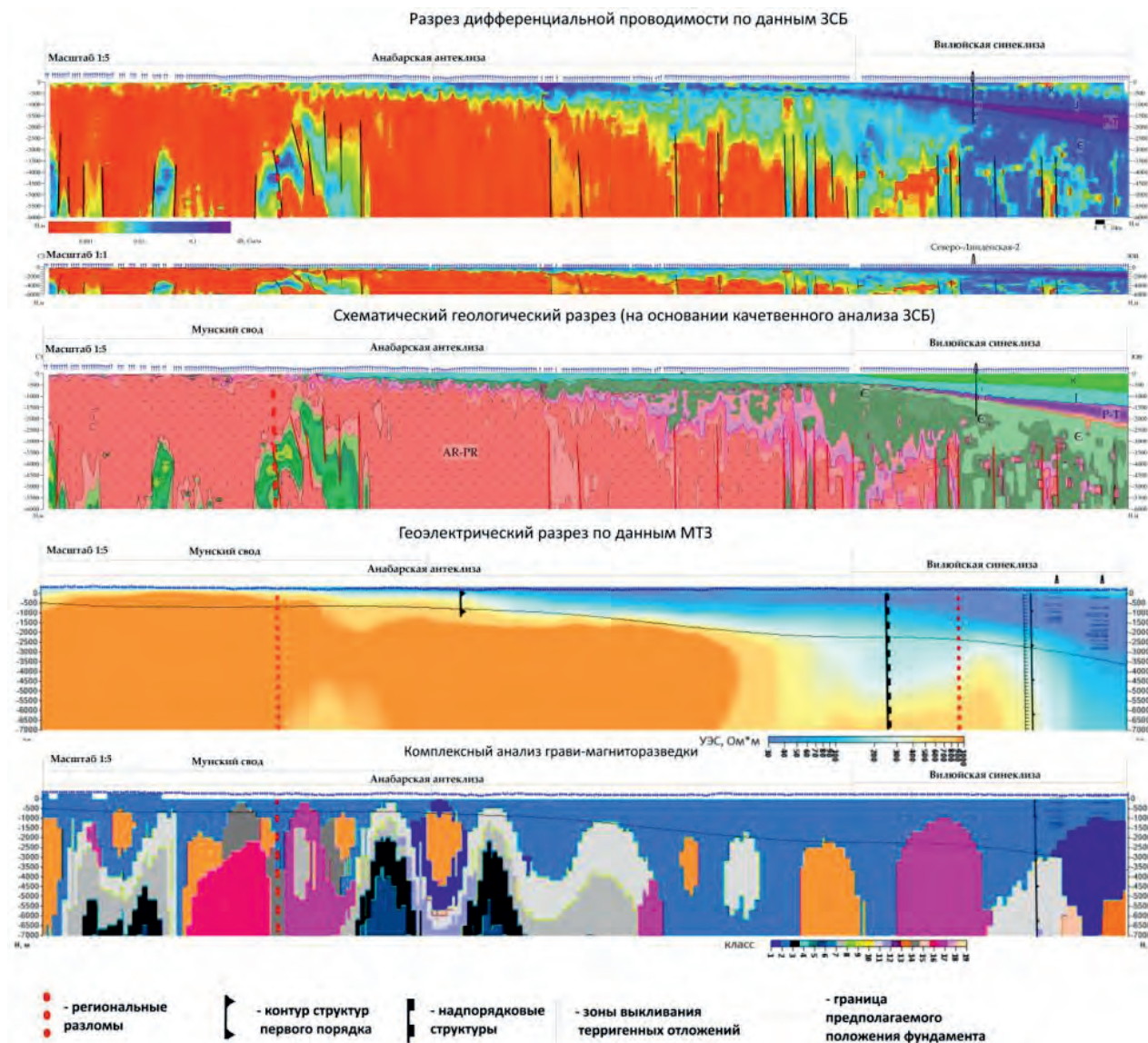
черты регионального тектонического и геологического строения территории исследования. Площадное положение, морфология и простираие геофизических аномалий взаимосвязаны и отражают пространственное положение крупных тектонических элементов и их глубинное строение, а ограничивающие их градиентные зоны соответствуют тектоническим границам (глубинных разломам) [Гольдшмидт, 1979].

На этапе качественной интерпретации по данным электроразведочных исследований довольно четко картируются кристаллические породы фундамента, общие черты Мунского свода и Анабарской антеклизы, область перехода в Вилуюскую синеклизу, где по мощной зоне проводящих отложений выделяется палеозойско-мезозойский осадочный чехол, слагающий синеклизу, и прорываемый на отдельных участках дайковыми интрузиями долеритов (Рисунок 1).

Зоны повышенной проводимости в фундаменте могут быть связаны с зонами милонитизации, катаклаза, перекристаллизации исходных пород и свидетельствуют о сочетании различных форм тектонических движений, а также могут быть представлены различными базитовыми интрузиями.

При интерпретации результатов геофизических исследований необходимо приводить разрезы из неравномерного соотношения вертикального и горизонтального масштабов к масштабу 1:1, что позволит избежать неверной трактовки геофизических аномалий.

Таким образом, в процессе качественного анализа разрезов дифференциальной проводимости на участке прослеживаются структурные изменения строения фундамента и увеличения мощности палеозойско-мезозойских отложений в



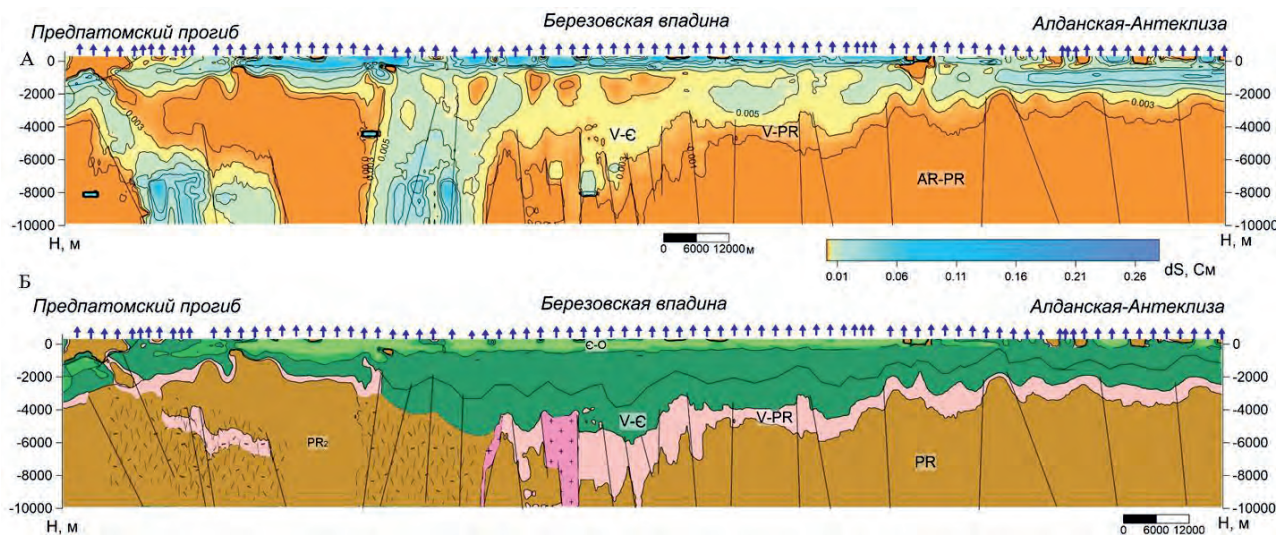
▲ Рис. 1. Комплексные региональные геолого-геофизические исследования на территории республики Саха (Якутия)

юго-восточном направлении (повышение проводимости). Суммарная проводимость разреза изменяется в широком диапазоне от первых сименс в зоне Мунского свода до 100 См и более в зоне аномальных проводников и увеличения мощности палеозойско-мезозойских отложений. Также на разрезах дифференциальной проводимости проявляются уже известные тектонические нарушения, в частности секущий площадь исследования глубинный разлом.

По результатам МТЗ на территории исследования картируются глубокозалегающие отложения (более 5 км) мне вскрытые скважинами глубокого бурения.

По данным грави- и магниторазведки на территории исследования выделены классы с определенными плотностными и магнитными характеристиками. Выделенные классы коррелируют с геоэлектрическими характеристиками разреза, как в плане, так и по глубине, как на качественном уровне, так и по результатам инверсии.

Результат классификации инверсии гравиразведки и магниторазведки по методу К- средних с распределением на комплексы, позволили закартировать поверхности предполагаемого уровня проявления кристаллического фундамента.



▲ Рис. 2. Разрез дифференциальной проводимости (А) и схематический геологический разрез (Б).

Поисково-оценочный этап

Поисково-оценочный этап геологоразведочных работ (ГРП) является одним из наиболее важных, так как именно на этой стадии определяются перспективные участки для дальнейшей разведки и оценки запасов полезных ископаемых. Однако этот этап сопряжен с рядом актуальных проблем, которые могут существенно затруднять процесс и снижать его эффективность.

Ключевые трудности включают недостаточную геологическую изученность, особенно в труднодоступных регионах, сложные геологические условия, такие как сложно построенные тектонические зоны, перекрытые мощными осадочными чехлами или вулканическими породами, а также ограниченность традиционных методов поиска, которые часто неэффективны для обнаружения глубокозалегающих или скрытых месторождений.

Дефицит бюджетных средств, выделяемых на проведение дорогостоящих сейсморазведочных работ 2D/3D в сроки, установленные лицензионными обязательствами на текущей стадии изучения участка недр создает риски невыполнения программ геологоразведочных работ (ГРП) и может привести к

нарушению условий лицензионных соглашений.

Одним из эффективных решений данной проблемы является проведение опережающих электроразведочных работ 2D/3D. Преимущество данного подхода заключается в том, что при наличии существующих 2D профилей или сети дорог отсутствует необходимость в дополнительной рубке леса, что значительно сокращает время на подготовительные мероприятия и позволяет оптимизировать затраты на геологоразведочные работы без ущерба для их качества и полноты [Буддо и др., 2021].

Комплексный подход к преодолению этих вызовов позволит повысить геологическую информативность, снизить риски и обеспечить устойчивое развитие минерально-сырьевой базы.

На стадиях региональных и поисково-оценочных геологоразведочных работ (ГРП) на нефть и газ на территории Иркутской области и Республики Саха (Якутия) метод зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) является неотъемлемым элементом исследований. Данный метод позволяет изучать разрез осадочного чехла на глубинах до 3–4 км и более, а также картировать свойства и структурные особенности отложений

рифей, что особенно актуально для данных регионов.

Проведенные на территории Республики Саха (Якутия) региональные геофизические исследования с использованием метода ЗСБ позволили получить новые данные, а также уточнить ранее известные сведения о геологическом строении и перспективах нефтегазоносности исследуемых территорий. Это способствовало повышению точности прогнозов и обоснованию перспективных зон для дальнейших исследований.

В качестве примера можно привести профиль электроразведочных работ ЗСБ пройденный с юго-запада на северо-восток через Предпатомский региональный прогиб, Березовскую впадину и Алданскую антеклизу (Рисунок 2).

Березовская впадина – один из наиболее перспективных регионов Северо-Алданской НГО. Основными перспективными горизонтами здесь являются отложения верхнего докембрия. Залежи нефти и газа могут быть встречены и в нижнекембрийских отложениях, разрез которых имеет почти такое же строение, как и в Непско-Ботуобинской нефтегазональной области.

По данным ЗСБ отчетливо картируется профиль Березовской впадины. Березовская впадина выполнена мощной толщей терригенно-карбонатных верхнепротерозойских и преимущественно карбонатных ниже- и среднепалеозойских отложений, характеризующихся по данным ЗСБ относительно низким сопротивлением.

По данным ЗСБ также отчетливо картируются интрузивные комплексы, прорывающие осадочный чехол территории исследования.

В виде пониженных значений сопротивления вдоль контактов отмечаются обширные зоны пород, вероятно, под-

верженных вторичным изменениям на контакте с интрузивным комплексом.

По результатам работ методом зондирования становлением поля (ЗСБ) были выделены потенциально перспективные зоны в нефтегазогеологическом отношении, характеризующиеся аномальными значениями удельного электрического сопротивления, которые могут быть связаны с наличием коллекторов или флюидонасыщенных горизонтов. Полученные данные позволяют предположить возможное расположение ловушек углеводородов, связанных с тектоническими нарушениями, литологическими изменениями или и др.

Для дальнейшего уточнения строения и подтверждения нефтегазового потенциала выделенных зон рекомендуется проведение детализированных сейсморазведочных исследований, которые позволят получить более точную информацию о глубинном строении, геометрии и свойствах потенциальных коллекторов. Дальнейшее комплексное использование данных ЗСБ и сейсморазведки повысит достоверность интерпретации и оптимизирует планирование дальнейших геологоразведочных работ.

Таким образом, применение метода ЗСБ на стадиях региональных и поисково-оценочных работ является эффективным инструментом для повышения точности геологических прогнозов, оптимизации затрат и снижения рисков при освоении нефтегазоперспективных регионов.

Постановка 2D электроразведочных работ методом зондирования становлением поля (ЗСБ) обеспечивает значительный экономический эффект за счет оптимизации сети сейсморазведочных исследований и снижения рисков бурения «сухих» скважин. Предварительное изучение геологического строения с помощью ЗСБ позволяет сократить

объемы дорогостоящей 2D и 3D сейсморазведки, фокусируя ее на наиболее перспективных зонах, а также минимизировать вероятность бурения непродуктивных скважин за счет точного выбора точек заложения на основе данных о распределении коллекторов и строении осадочного чехла. Таким образом, применение ЗСБ на поисково-оценочном этапе способствует снижению затрат, повышению эффективности исследований и рациональному использованию ресурсов.

Разведочный этап

Актуальной проблемой на стадии разведочного этапа геологоразведочных работ является во-первых, оптимизация проектирования сейсмических исследований 3D, сосредоточенных в зонах с высокой вероятностью обнаружения залежей углеводородов. Во-вторых, в условиях высокой неопределенности наличия коллекторов и типа их насыщения (нефть, газ или вода) возникает необходимость в точных методах прогнозирования.

Кроме того, для минимизации аварийных ситуаций при разведочном бурении требуется предварительное изучение

геологических условий, включая прогнозирование интервалов с аномально высоким (АВПД) и аномально низким пластовым давлением (АНПД).

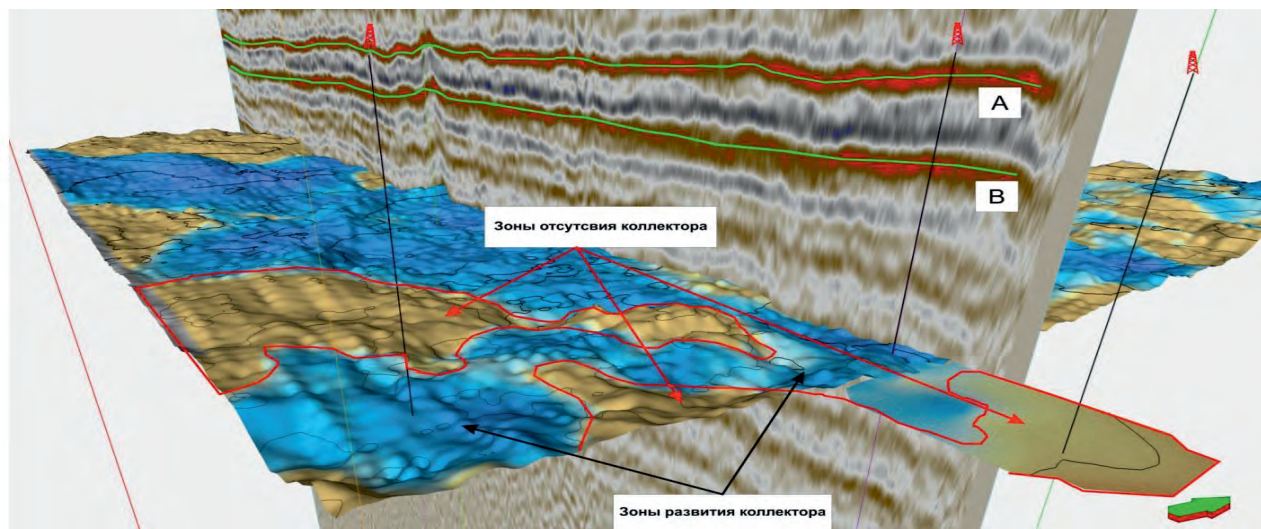
Комплекс сейсмо- и электроразведочных работ 3D по совмещенной сети профилей позволяет оценить коллекторские свойства и тип насыщения резервуаров, снизить риски бурения непродуктивных («сухих») скважин, осуществлять прогнозирование интервалов с АВПД и АНПД, что способствует повышению безопасности бурения.

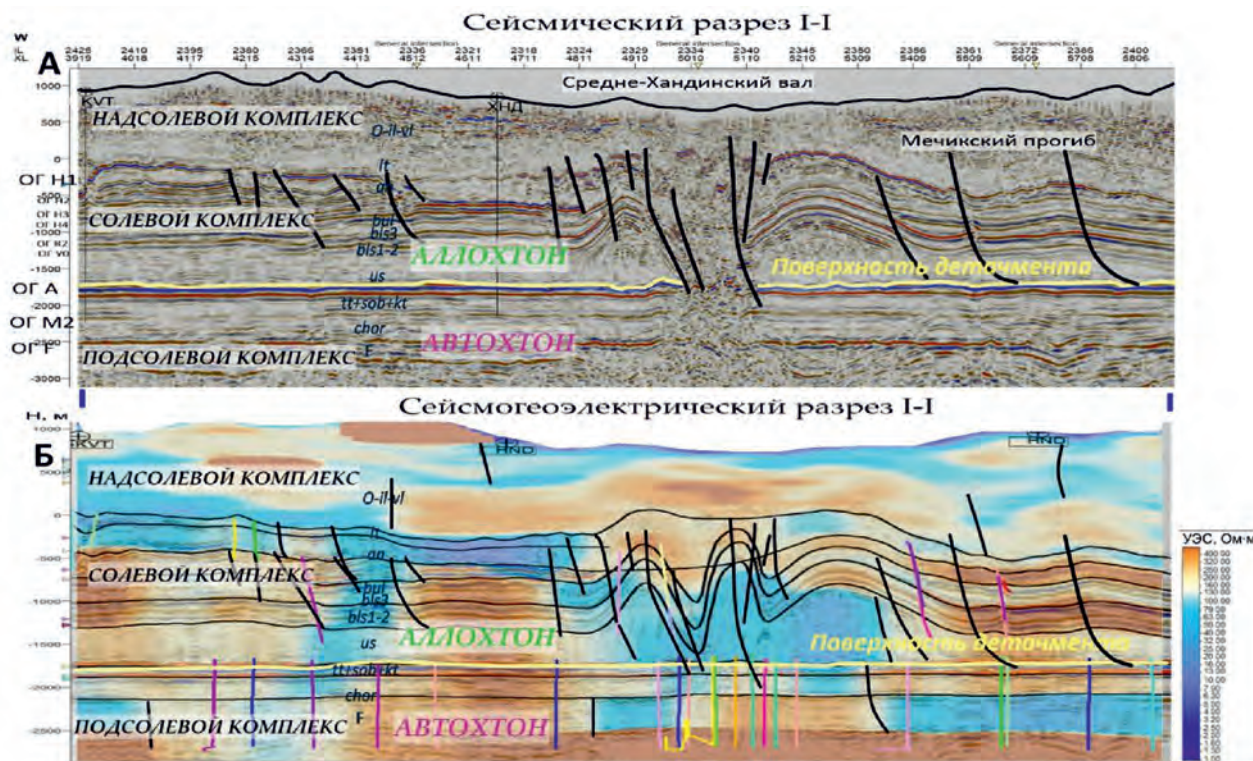
На данном этапе также производится поиск водоносных горизонтов методом малоглубинных исследований ЗСБ, что позволяет обеспечивать возможность использования водоносных горизонтов для технических нужд бурения, тем самым снижая затраты и повышая эффективность работ.

Таким образом, комплексный подход, включающий применение электроразведочных и сейсмических методов, позволяет эффективно решать задачи разведочного этапа ГРП, минимизировать риски и оптимизировать затраты.

Интеграция данных электроразведки и сейсморазведки позволяет минимизировать неоднозначность интерпретации,

▼ Рис. 3. Интегрированная 3D модель (3D ЗСБ и МОВ ОГТ 3D) – оценка насыщения и оконтуривание зон распространения терригенного коллектора.





▲ Рис. 4. Комплексная интерпретация данных сейсморазведки и электроразведки: А – сейсмический разрез по данным 3D МОГТ; Б – Сейсмогеоэлектрический разрез (3D ЗСБ и 3D МОГТ)

уточнить положение и конфигурацию целевых объектов, а также оптимизировать планирование дальнейших работ, включая бурение, минимизировать риски и оптимизировать затраты.

Совместный анализ и комплексирование результатов 3D ЗСБ и 3D сейсморазведки позволяет повысить достоверность выявления горизонта-коллектора и снизить риски непродуктивного бурения.

Одним из ярких примеров получения новейшей геологической информации по данным комплексного анализа СРР и ЭРР является проведенный комплекс исследований в зоне сочленения Сибирской платформы и горно-складчатой области, которые на сегодняшний день остаются наименее изученными объектами, как бурением, так и геофизическими исследованиями. По результатам новейших сейсморазведочных работ 3D МОГТ, с учетом материалов предшествующих исследований выявлено, что территория Ковыктинского ГКМ располо-

жена в пограничной зоне стыка двух надвиговых секторов Байкало-Патомского надвигового пояса – южного (Предбайкальского) и центрального (Актикано-Непского) [Мисюркеева, 2021, 2022; Писаревский и др, 2023].

Привлечение новых геофизических данных (3D МОГТ, 2D, 3D ЗСБ) позволило уточнить структурно-тектоническое строение осадочного чехла КГКМ в зоне сочленения надвиговых зон, а также выявить и закартировать вторичные зоны разуплотнения (зоны пониженного сопротивления по ЗСБ), являвшиеся вероятными путями латеральной миграции УВ со стороны Байкало-Патомского палеоочага генерации УВ.

В результате комплексной интерпретации сейсморазведочных, электроразведочных и геопромысловых данных выявлено, что рассолонасыщенные зоны АВПД располагаются в специфических геологических и тектонических условиях, локальные зоны аномального коллекто-

ра с АВПД достаточно четко проявляются в геофизических полях [Вахромеев, 2006, 2015; Мисюркеева, 2021, 2022].

Учет внутреннего строения надвиговых структур и их флюидопроницаемости является важной составляющей при обосновании детальной модели геологического строения осадочного чехла с целью более корректного проектирования ГРП, в первую очередь бурения в том числе для прогноза и поисков залежей УВ и литиеносных рассолов в межсолевых карбонатных резервуарах нижнего кембрия (аллохтон), а также для снижения аварийности бурения глубоких скважин на целевые объекты в природных резервуарах терригенного венда, автохтон, вмещающих газоконденсатные залежи

Эксплуатационный этап

На эксплуатационном этапе геолого-разведочных работ (ГРР) актуальными проблемами являются оптимизация сетки кустового разбуривания для максимизации эффективности добычи, оценка горно-геологических условий, включая прогнозирование интервалов с аномально низким (АНПД) и аномально высоким пластовым давлением (АВПД) для пред-

отвращения аварийных ситуаций, обеспечение технической водой для бурения и системы поддержания пластового давления (ППД), а также мониторинг фронта заводнения для контроля за движением воды и оптимизации системы воздействия на пласт.

Решение этих задач требует применения современных технологий, таких как 3D-моделирование, сейсмический мониторинг и гидродинамическое моделирование, что позволяет повысить эффективность разработки месторождений, снизить риски и минимизировать затраты.

Применение высокоплотной электроразведки 3D методом зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) обеспечивает оптимизацию технологической схемы разработки (ТСР) за счет выделения наиболее продуктивных зон.

Так, на одном из нефтегазовых месторождений Восточной Сибири по данным ЗСБ закартирована граница коллектора (низкие УЭС) и не коллектора (засоленного) с высокими УЭС. Недоучет данных 3DЗСБ при определении азимутов заложения горизонтальных скважин привел к вскрытию зоны засоления (Рисунок 5).

Кроме того, одним из инновационных

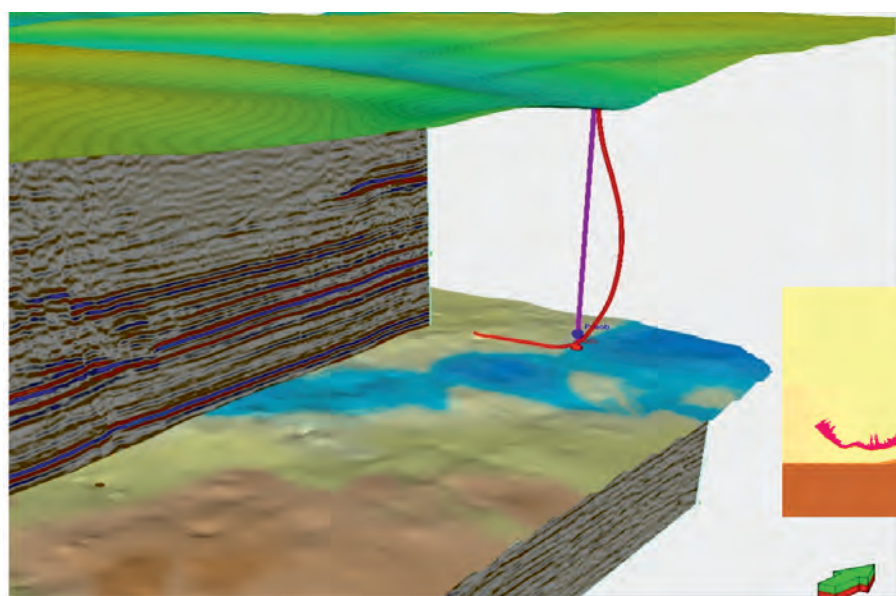


Рис. 5. Интегрированная 3D модель (3D ЗСБ и МОВ ОГТ 3D)- выбор траектории проводки горизонтального ствола.

решений является 4D мониторинговые исследования методом ЗСБ позволяющие картировать движение фронта заводнения в динамике для контроля за эффективностью разработки месторождения. Впервые в практике изучения кембрийских карбонатных коллекторов Восточной Сибири был успешно применен электроразведочный мониторинг, продемонстрировавший высокую эффективность для повышения качества управления разработкой месторождений региона [Бурдаков и др., 2018].

В условиях разработки карбонатных отложений, характеризующихся повышенными значениями удельного электрического сопротивления, актуальным становится применение системы поддержания пластового давления (ППД) путем закачки воды с пониженной минерализацией и, как следствие, сниженным сопротивлением. В данном контексте перспективным инструментом контроля за процессом разработки является мониторинг динамики фронта заводнения с использованием многомерных (4D) электроразведочных исследований, основанных на контрасте электрических свойств между пластовыми флюидами и закачиваемой водой региона [Бурдаков и др., 2018].

Применение малоглубинного метода ЗСБ (мЗСБ) на эксплуатационном этапе позволяет производить поиск и картирование водоносных горизонтов для обеспечения технической водой нужд бурения и системы ППД.

Применение методов зондирования становлением поля (ЗСБ и мЗСБ) в комплексе с сейсморазведкой и данными бурения на эксплуатационном этапе позволяет решить ряд ключевых задач. Во-первых, оптимизировать технологическую схему разработки (ТСР) за счет размещения кустовых площадок в зонах

с максимальной нефтегазоносностью, что повышает эффективность добычи.

Во-вторых, минимизировать аварии при бурении путем прогнозирования интервалов с аномально низким (АНПД) и аномально высоким пластовым давлением (АВПД), что позволяет выбирать оптимальные конструкции и траектории наклонно-направленных и горизонтальных скважин.

В-третьих, обеспечить технической водой за счет картирования водоносных горизонтов в верхней части разреза (ВЧР), что гарантирует надежное водоснабжение для бурения и системы поддержания пластового давления (ППД).

И, наконец, осуществлять контроль за разработкой месторождения с помощью 4D мониторинга движения фронта заводнения, что позволяет оперативно корректировать систему воздействия на пласт и повышать коэффициент извлечения нефти (КИН). Комплексное использование этих методов обеспечивает повышение эффективности разработки месторождений, снижение рисков и оптимизацию затрат.

Выводы

Электроразведочные методы зондированием становлением поля (ЗСБ) и магнитотеллурическое зондирование (МТЗ), являются важными инструментами для повышения геологической информативности на всех этапах геологоразведочных работ (ГРР).

На региональном и поисково-оценочном этапе эти методы позволяют выявлять перспективные зоны, связанные с наличием рудных тел, водоносных горизонтов или нефтегазовых коллекторов, благодаря их способности изучать распределение удельного электрического сопротивления и электропроводности в разрезе.

На разведочном этапе ЗСБ и МТЗ используются для уточнения строения месторождений, определения глубины залегания и морфологии целевых объектов, что способствует оптимизации планирования бурения и снижению рисков.

На эксплуатационном этапе эти методы применяются для мониторинга разработки месторождений, контроля за движением фронта заводнения и прогнозирования интервалов с аномальными пластовыми давлениями (АНПД и АВПД), что повышает эффективность добычи и коэффициент извлечения полезных ископаемых.

Таким образом, электроразведочные методы ЗСБ и МТЗ играют ключевую роль в повышении геологической информативности на всех этапах ГРП, обеспечивая, снижение затрат и рисков, а также оптимизацию процессов поиска, разведки и разработки месторождений, что делает эти методы незаменимыми инструментами для успешной реализации проектов в области геологоразведки и разработки месторождений.

Проектирование правильной последовательности постановки комплекса геофизических методов сейсморазведки и электроразведки 2D / 3D / 4D на соответствующей стадии ГРП также снижает риски непродуктивного бурения и, тем самым, повышает экономическую эффективность поисков, разведки и освоения месторождений нефти и газа.

Литература

1. Агафонов Ю.А. Возможности нестационарных электромагнитных зондирований при изучении коллекторских свойств осадочного чехла / Ю.А. Агафонов, А.В. Поспеев, А.Г. Вахромеев ; мат-лы VII Междунар. науч-практ. конф. :

сб. тезисов. – Геленджик : «ГЕОМОДЕЛЬ-Консалтинг», 2005. – С. 86.

2. Буддо И. В., Шелухов И. А., Мисюркеева Н. В., Агафонов Ю. А. Электромагнитные исследования методом ЗСБ 2D, 3D, 4D: последовательность постановки геологоразведочных работ // Геодинамика и тектонофизика. 2021. №53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnye-issledovaniya-metodom-zsb-2d-3d-4d-posledovatelnost-postanovki-geologorazvedochnyh-rabot>.

3. Бурдаков Д. А., Сибилев В. Н., Токарева О. В. [и др.]. Мониторинг фронта заводнения карбонатных коллекторов нижнего кембрия методом 4D электроразведки / - (Геология и геологоразведочные работы). - Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. - 2020. - № 9. - С. 30-34. - Библиогр.: с. 34. - ISSN 0028-2448.

4. Вахромеев А.Г., Сизых В.А. Роль шарьяжно-надвиговой тектоники в формировании аномально-высоких пластовых давлений и промышленных металлоносных рассолов Сибирской платформы // Доклады РАН. - 2006. - № 2. - С. 1-5.

5. Вахромеев А.Г. Закономерности формирования и локализации месторождений промышленных рассолов в карбонатных каверново-трещинных резервуарах кембрия юга Сибирской платформы (по данным глубокого бурения, испытания скважин и полевой геофизики) : монография / А.Г. Вахромеев. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 247 с. – ISBN 978-5-8038-1028-5.

6. Гольдшмидт В.И. Региональные геофизические исследования и методика их количественного анализа. М., «Недра», 1979, 219 с.

7. Мисюркеева Н. В., Вахромеев А. Г., Смирнов А. С. [и др.] // Внутреннее строение Ковыктинско-Хандинской зоны

Байкало-Патомского надвигового пояса / Новые идеи в геологии нефти и газа. Новая реальность 2021: Сборник научных трудов (по материалам Международной научно-практической конференции), Москва, 27–28 мая 2021 года / Отв. редактор А.В. Ступакова. – Москва: Издательство "Перо", 2021. – С. 365-367. – EDN EDKBYY.

8. Мисюркеева Н.В., Вахромеев А.Г., Смирнов А.С., Буддо И.В., Горлов И.В., Шемин Г.Г. Геодинамика и тектонофизика. 2022. Т. 13. № S2. Детализация надвиговых структур осадочного чехла в Ковыктинско-Хандинской зоне отраженной складчатости.

9. Поспеев А.В. Выделение пластов-коллекторов в разрезе осадочного чехла юга Сибирской платформы по данным зондирований становлением электромагнитного поля в ближней зоне / А.В. Поспеев, И.В. Буддо, Ю.А. Агафонов, Н.О. Кожевников. – Геофизика. – 2010. – № 6. – С. 47–52.

10. Писаревский С.А., Иванов А.В., Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Ванин В.А., Дымшиц А.М., Шарыгин И.С., Четвертков И.В., Гладкочуб Е.А., Мисюркеева Н.В., Буддо И.В., Шелохов И.А., Смирнов А.С., Вахромеев А.Г. Сибирский кратон и его складчатые обрамления в истории земли: палеогеография, палеогеодинамика и полезные ископаемые. Институт земной коры Сибирского отделения РАН. Иркутск, 2023.

Подробнее об авторах



Мисюркеева
Наталья Викторовна

Кандидат геолого-минералогических наук,
начальник геологического
отдела ООО СИГМА-ГЕО



Агафонов
Юрий Александрович

Кандидат технических
наук.
Генеральный директор
ООО СИГМА-ГЕО



Селяев
Василий Андреевич

Заместитель генерального
директора, главный
геофизик ООО СИГМА-ГЕО



Токарева
Ольга Владимировна

Главный геолог
ООО СИГМА-ГЕО



Давыденко
Светослав Александрович

ведущий геофизик
ООО СИГМА-ГЕО