The Use of MTS Electrical Exploration in Identifying Promising Oil-Saturated Zones, Determining their Physical and Geometric Characteristics on The Example of The Karazhanbas Severny Field

A.R. Omirbayeva [1], G.K. Umirova [1], A.B. Aytasov [2]

[1] «Satbayev University», [2] «KMG Engineering»

Summary

The abstract presents the results of experimental studies by the method of magnetotelluric sounding (MTS) performed on the territory of the Karazhambas Severny deposit. It is shown that the use of multi-instrument 5th generation of a sufficient amount of a priori geological and geophysical data allows to obtain representative material, allowing you to successfully solve a range of problems associated with the search for hydrocarbon deposits, including a selection of promising oil-saturated areas and the determination of their physical and geometrical characteristics.

Использование электроразведки МТЗ при выделении перспективных нефтенасыщенных зон, определении их физических и геометрических характеристик на примере месторождения Каражанбас Северный

А.Р.Өмірбаева*(Satbayev University), Г.К.Умирова (Satbayev University), А.Б.Айтасов (КМГ Инжиниринг)

Современное состояние казахстанской экономики таково, что на ее развитие существенное влияние оказывает нефтегазовый комплекс. Республика Казахстан обладает значительными запасами углеводородного сырья. Разведанные на территории страны запасы нефти и газового конденсата составляют 2,9 млрд. тонн, газа – 1,8 трлн.м (без учета ресурсов морских месторождений), а прогнозные ресурсы нефти и конденсата на суше и шельфе Казахстана оцениваются в 12-13 млрд.тонн.

Падение объемов добываемого сырья из-за истощения разрабатываемых месторождений и повышения процента обводненности, а также практическое отсутствие прироста подготовленных запасов ставят перед нефтегазовой промышленностью задачу существенного повышения экономической эффективности геологоразведочных работ. Бесспорно, что при поисках нефтегазоперспективных зон наиболее рациональным геофизическим методом является сейсморазведка. Однако, в практике поисково-разведочных исследований известны случаи неоднозначности результатов сейсморазведки или проведение полевых работ является экономически не целесообразным, или из-за экологических, геологических, климатических и прочих условий проведение сейсморазведки невозможно. Кроме того, учитывая, что из общего объема бурения поисково-разведочных скважин только 30-40% (мировая статистика) оказываются продуктивными, становится очевидной необходимость резкого сокращения бурения пустых скважин. Поэтому затраты на дополнительную информацию, которую могут дать другие геофизические методы, в первую очередь электроразведка, стоимость которой составляет 10-20% от стоимости сейсморазведочных работ и может существенно уменьшить степень риска бурения, являются вполне резонными затратами для нефтегазовых компаний. Кроме того, предварительное проведение электроразведочных работ может помочь выбрать наиболее благоприятные участки для постановки сейсморазведочных работ в пределах лицензионной площади (Ингеров О. 2005).

Анализ сегодняшнего состояния аппаратурной базы, наличие 5-го поколения многофункциональной аппаратуры, а также высокий уровень современного программного обеспечения обработки и интерпретации дает возможность сделать вывод о том, метод магнитотеллурических зондирований (МТЗ) становится информативным при нефтегазопоисковых работах благодаря достигнутой точности получения функций отклика среды, мобильности, производительности, относительно низкой себестоимости, экологической чистоты, возможности проводить работы в любое время года, в самых разных климатических условиях, что в конечном итоге при комплексном использовании с сейсморазведкой может повысить прогноз локализации нефтегазовой залежи. Поэтому проведение магнитотеллурических зондирований на территории нефтегазовых месторождений при выделении перспективных нефтенасыщенных зон является бесспорно актуальной задачей.

Газонефтяное месторождение Каражанбас Северный является одним из неглубокозалегающих (250-500 м) месторождений высоковязких нефтей Западного Казахстана. Месторождение административно расположено в Тупкараганском районе Мангистауской области Республики Казахстан, тектонически – в пределах Северо-Бузачинского свода.

Бузачинское поднятие выявлено в 1947 году по результатам геологической съемки и рекогносцировочных работ на полуострове Бузачи. Большинство структурных поднятий открыты благодаря проведению гравиразведочных исследований различного масштаба. Так, в интервале 50-60 г. г. выделены Бузачинское и Каратауское поднятия и Южно-Бузачинский свод,

а также Северо-Бузачинский гравитационный максимум, центральная часть которого совпадает с большим сором Каражанбасской и Куманской структур. В пределах этих крупных структурных элементов в результате последующих исследований были обнаружены более мелкие структуры.

В пределах открытых месторождений полуострова Бузачи бурением параметрических, поисковых и разведочных скважин были вскрыты верхнепалеозойские, триасовые, юрские, нижнемеловые отложения. Складчатое основание платформы состоит из нижнетриасовых пород, которые перекрываются разновозрастными отложениями: от нижнемеловых в сводовой части поднятия до среднеюрских на периклинальных участках.

В тектоническом отношении структура Каражанбас Северный расположена на северном склоне Бузачинского свода, который выделяется в пределах Северо-Устюрстко-Бузачинской системы прогибов и поднятий. Структура состоит из двух отдельных блоков: Северо-Восточного и Юго-Западного. В соответствии с принятой геологической моделью Юго-Западный блок осложнен 4 тектоническими нарушениями (F1, F2, F3, F4), а Северо-Восточный – двумя (F5, F6).

На территории исследования основными продуктивными являются отложения средней юры и неокомского яруса нижнего мела, где выявлены нефтяной горизонт Ю-I и неокомский горизонт «А». Залежи нефти классифицируются как пластовые, литологически и тектонически экранированные.

Таким образом, анализ и обобщение геолого-промысловых данных дает возможность сделать вывод о том, что, не смотря на хорошую изученность месторождения Каражамбас Северный сложное геологическое строение, высокая тектоническая нарушенность, стратиграфические несогласия, литолого-фациальная изменчивость среднеюрско-неокомских пород определяет необходимость их всестороннего изучения не только материалами сейсморазведки 3D, бурения и гидродинамических исследований, но и МТЗ.

Электроразведка методом магнитотеллурических зондирований (МТЗ) является инструментом, который может успешно решать целый круг задач, связанных с поисками залежей углеводородов. Метод МТЗ вряд можно отнести к высокоразрешающим технологиям, позволяющим составить детальное представление об особенностях строения изучаемых объектов. Тем не менее, этот метод позволяет выявить специфические аномалии удельного сопротивления, связанные с эпигенетическими изменениями пород над залежью углеводородов, провести литологическое расчленение осадочных комплексов, выделить глубинные разломы, крупные антиклинальные поднятия, структуры фундамента. Кроме того, по данным МТЗ по косвенным признакам можно прогнозировать области, перспективные на нефть и газ (Умирова Г.К, Касымбаев Ж.Т. 2019).

Цель данных исследований заключается в изучении возможности эффективного применения электроразведки методом магнитотеллурических зондирований при решении нефтепоисковых задач в условиях месторождения Каражамбас Северный.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- Изучение физико-геологических предпосылок применения электроразведки МТЗ для поиска нефтегазоперспективных зон;
- Изучение современного состояния аппаратурно-программного комплекса МТЗ и методики проведения магнитотеллурических зондирований на нефтегазовых месторождениях;
- Исследование методов интерпретации данных МТЗ для построения наиболее достоверных геоэлектрических разрезов удельного электрического сопротивления;

- Выделение перспективных нефтенасыщенных областей, определение их физических и геометрических характеристик на основе анализа геоэлектрических разрезов удельного электрического сопротивления.

Условиями эффективного применения геофизических методов являются: 1) благоприятные геометрические размеры геологических аномалиеобразующих объектов; 2) относительно низкий уровень помех геологического и негеологического происхождения; 3) заметная дифференциация физических свойств искомых геологических объектов и вмещающей среды.

Физической предпосылкой проведения МТЗ является разница в удельном электрическом сопротивлении (УЭС) пород разной литологии. Благодаря этому различные стратиграфические осадочные комплексы отличаются по данному параметру, что дает возможность для их картирования электроразведочными методами. Другой предпосылкой является различие стратиграфических комплексов не только по абсолютной величине модуля кажущегося сопротивления, но и по анизотропии (Ингеров О. 2005).

Задача выделения аномалий сопротивления, связанных с залежами нефти и газа, достаточно сложная, но при благоприятных условиях разрешимая. Сложность заключается в правильном разделении, например, областей локального замещения терригенных отложений карбонатными разностями от влияния перспективного в нефтегазоносном отношении объекта, поскольку и в том, и в другом случае будет наблюдаться увеличение значений УЭС. Идентифицировать такие аномалии без привлечения сейсмической информации, материалов бурения и каротажа, довольно сложно.

Одним из важных критериев выделения по кривым МТЗ областей, перспективных на нефть и газ, является образование над залежью шапки эпигенетически измененных пород, которая возникает в результате постепенной миграции углеводородов через покрышку. Наибольшие изменения в виде кальцитизации претерпевают породы в интервале 600-900 м над залежью, которая в электромагнитном поле наблюдается как высокоомная суммарная аномалия. С другой стороны, сама нефтегазовая залежь представляет собой пласт высокого сопротивления, в подошве которого, как правило, залегают низкоомные породы, заполненные высоко минерализованными водами. Этот пласт или комбинация пластов в благоприятных условиях могут быть зафиксированы электроразведочными магнитотеллурическими зондированиями в виде высокоомной аномалии (Ингеров О. 2005).

Изучение современного состояния аппаратурно-программного комплекса МТЗ и методики проведения магнитотеллурических зондирований на нефтегазовых месторождениях показывает, что многие компании, занимающиеся магнитотеллурическими исследованиями, отдают предпочтение специализированной цифровой аппаратуре MTU и программному обеспечению фирмы «Phoenix Geophysics» (Канада). «Phoenix Geophysics» является признанным авторитетом в развитии электроразведочных технологий, в частности МТЗ. В 1996 году «Phoenix Geophysics» разработал многофункциональную аппаратуру 5-го поколения (SSMT V5-2000), которая произвела настоящую революцию в магнитотеллурических исследованиях, благодаря своей точности, производительности, мобильности, помехозащищенности, уровню автоматизации (Мурзагалиев Р.С. 2009). На сегодняшний день в апробации находится аппаратура восьмого поколения. Вопросам техники и технологии проведения МТЗ посвящены многие статьи авторов (Умирова Г.К, Касымбаев Ж.Т. 2019), поэтому сделаем упор на рассмотрение особенностей проведения интерпретации кривых МТЗ в условиях месторождения Каражамбас Северный. На Юго-Западном и Северо-Восточном блоках были отработаны 2 опытных профиля, которые закладывались на основе тектонических особенностей месторождения и проходили в непосредственной близости от скважин с данными по ГИС.

На первом этапе интерпретации данных МТЗ была проведена работа по обобщению результатов каротажа в скважинах, пробуренных на площади исследований. При обобщении был выработан

критерий: использовать только те интервалы глубин, где отбирался керн и имеются данные каротажа. Так была использована информация по 12 скважинам.

Анализ скважинной информации позволил сделать следующие выводы по распределению УЭС юрско-меловых пород, представленных преимущественно глинами, алевролитами и песчаниками, в зависимости от литологии: породы хорошо разделяются по сопротивлению: глины обладают наименьшим сопротивлением, алевролиты средним, пески и песчаники – высоким; минимальным сопротивлением обладают глинистые породы (в среднем около 0.1 -1 Ом·м); алевритовые породы имеют большее сопротивление, чем глины (в среднем около 1-2 Ом·м); самым высоким сопротивлением характеризуются песчаные породы (в среднем 3-10 Ом·м); известковистые алевролиты распространены незначительно. Они имеют такое же сопротивление, как и песчаные породы. В целом преобладают алевролиты и песчаники.

Используя полученный по МТЗ набор охарактеризованных интервалов, по профилям 1 и 2 были построены графики зависимости сопротивлений юрско-меловых пород от глубины (Рисунок 1, 2).

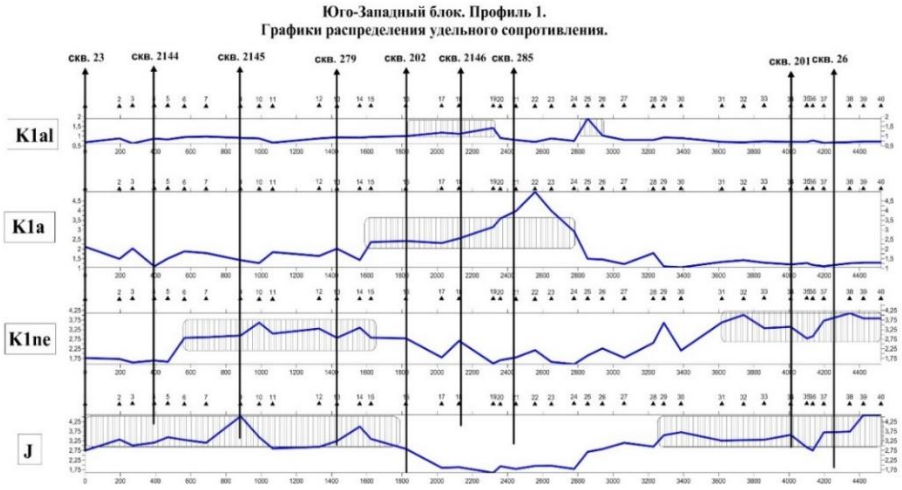


Рисунок 1. *Графики распределения УЭС по профилю 1*

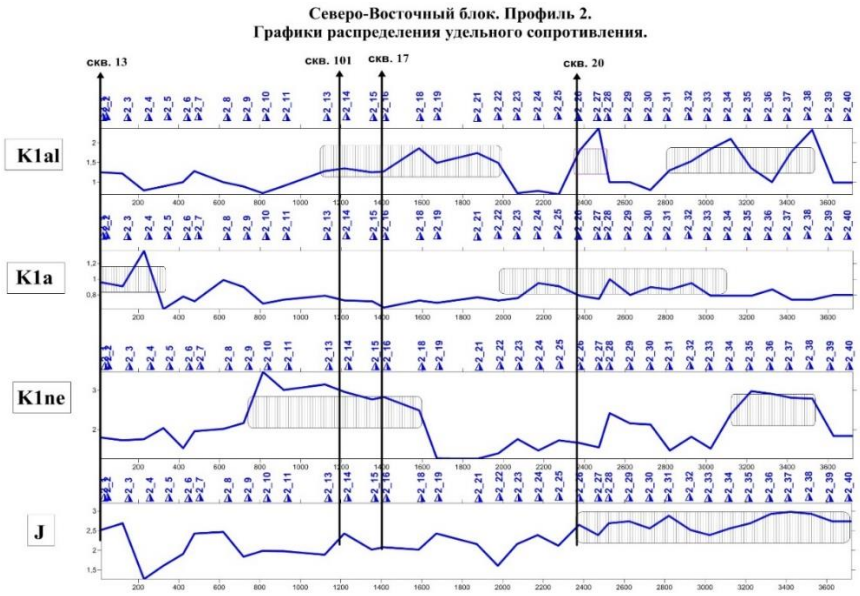


Рисунок 2. *Графики распределения УЭС по профилю 2*

Анализ графиков позволил сделать следующие выводы:

– с глубиной существенного изменения УЭС глинистых и алевритовых пород не происходит. Лишь для песчаников можно говорить о повышении сопротивления, что связано, по всей видимости, с уменьшением минерализации грунтовых вод с глубиной;

– выявленная выше закономерность по распределению УЭС в зависимости от литологии сохраняется во всем диапазоне глубин: глинистые породы – минимум, алевролиты – средние значения, песчаники – максимум.

Особенность месторождения Каражамбас Северный связана с высокой минерализацией грунтовых вод. Этот параметр неразрывно связан с геоэлектрической характеристикой разреза, т.к. проводимость пород, в основном, определяется количеством содержащейся в них воды и ее минерализацией. С увеличением минерализации грунтовых вод сопротивление пород уменьшается. У песков и песчаников с высокой удельной пористостью сопротивление падает значительно. У глин изменение гораздо слабей, а с учетом того, что фильтрационный потенциал глин небольшой и в них содержится большое количество «связанной» воды (с низкой минерализацией), при больших минерализациях (больше 50 г/л) в песчано-глинистых отложениях наблюдается «инверсия сопротивлений» – водонасыщенные пески и песчаники становятся гораздо более проводящими, чем глины.

При построении прогнозных литологических разрезов песчано-глинистых юрско-меловых отложений, мы руководствовались классическими петрофизическими зависимостями, которые в общем виде представлены на палетках А.А.Рыжова (Рисунок 3).

Линия чистого песка – черный пунктир с индексом 0. Содержание глины изменяется от 2% до 100%. При малой минерализации воды (например, 0.3-0.4 г/л) УЭС глин намного меньше УЭС песка и связанной воды, содержащейся в глине. Это влияние двух факторов – двойного электрического слоя (размеры пор) и ионообменной емкости (зависит от типа глинистых минералов). При повышении минерализации до 5 г/л влияние двойного слоя убывает и УЭС породы определяется ее пористостью.

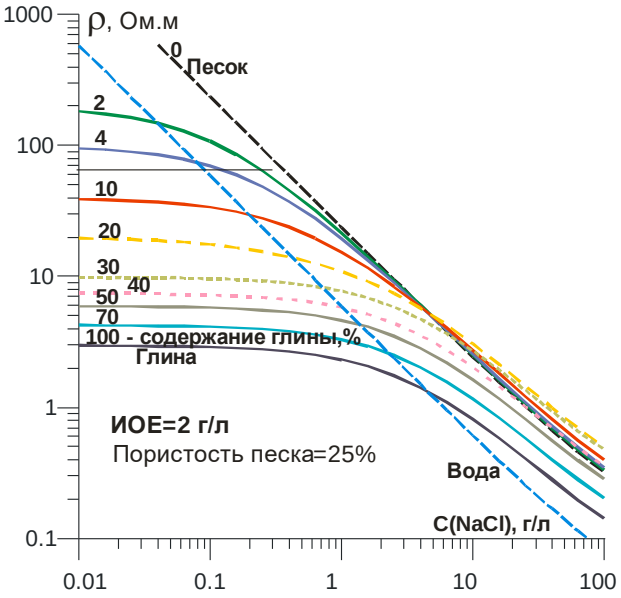


Рисунок 3. *Палетка Рыжова А.А.*

Все линии параллельны линии воды и выше линии воды. При этом, на рисунке ясно видно, что при минерализации выше 10 г/л линии суглинка (20%), легкой глины (30 и 40%) идут выше линии песка. А вот хорошая 50% и чистая 100% глина остается по сопротивлению ниже песка в

силу ее более высокой пористости. Это объясняется тем, что смеси песка и глины имеют пористости ниже, чем у песка и глины в отдельности.

Таким образом, при равных условиях сопротивление «хороших» глин (с содержанием глинистых частиц от 50 до 100%) ниже, чем сопротивление песков, песчаников и песчано-глинистых смесей. Тут необходимо сделать оговорку, что глина имеет высокую общую пористость за счет закрытой пористости, а у песка вся пористость открытая. Поэтому глина хранит в своих порах воду еще со времен диагенеза. А вот песок легко меняет воду в порах, попав в соответствующее окружение. Если глина была пресноводная, а теперь находится в среде высокой минерализации, то она не будет впитывать новую воду, она останется со старой. Тогда за счет этого фактора сопротивление глины может быть выше, чем у песка.

Судя по рассмотренным выше графикам, на всей площади исследований во всем диапазоне изученных глубин, песчаники имеют более высокие сопротивления, чем глины. Соответственно можно предположить, что минерализация грунтовых вод в районе работ – средняя. И действительно, судя по имеющимся результатам отбора проб в скважинах, минерализация в районе работ в основном колеблется от 20 до 30 г/л. Есть несколько проб со значениями 80 г/л, но они лишь исключение, подтверждающее общее правило.

Что касается отложений, подстилающих юрско-меловые породы, то они изучены гораздо слабее. Терригенные пермотриасовые отложения имеют сопротивления весьма высокие (десятки Омм), зоны пониженных сопротивлений связаны, в основном, с тектоническими особенностями месторождения Каражамбас Северный.

Основным результатом исследований являются геоэлектрические разрезы удельного электрического сопротивления. Поскольку эффективные кривые являются инвариантными, то есть независимы от выбора системы координат, ориентации осей, установки, то для построения геоэлектрических разрезов была выполнена одномерная инверсия эффективных кривых кажущегося сопротивления и фазы импеданса. Практическая реализация производилась на программе автоматизированной инверсии MTSProfInv, разработаннаой в ООО «Северо-Запад», при которой каждая кривая МТЗ переводилась в многослойный геоэлектрический разрез в рамках одномерной модели с последующей увязкой результатов по профилю. При этом из всех эквивалентных разрезов выбирался наименее контрастный.

Решение проходило в 2 этапа. На первом этапе алгоритм профильной 1D-инверсии производит построение «нормальной» модели. На втором этапе производится горизонтальная стабилизация модели для удаления резких горизонтальных флуктуаций на основе использования полученного ранее «нормального» разреза в качестве дополнительного стабилизатора. В результате применения такой горизонтальной стабилизации получается разрез, достаточно гладкий по горизонтали и в то же время хорошо согласующийся с исходными данными.

Основное преимущество 1D-инверсии – возможность оперативно получить геоэлектрическую модель при минимуме априорной информации. Однако полученная модель не отличается высокой детальностью и не позволяет решить поставленную задачу: прогноз литолого-фациальной характеристики и коллекторских свойств разреза, оценка перспектив его нефтегазоносности. Для решения этой задачи необходимо привлечение априорной информации и лучшим решением для детального изучения осадочного чехла в нашем случае будет одномерный ручной подбор с опорой на сейсмические разрезы.

Одномерный ручной подбор осуществлялся в программе IPI_2D_WIN_MT (ООО «Северо-Запад»). Он заключался в последовательном ручном изменении параметров геоэлектрической модели разреза и расчете прямой задачи для нее до тех пор, пока экспериментальная и теоретическая кривые не совпадут с требуемой точностью. При этом требовалось удовлетворить двум условиям: достижения минимума невязки между полевой и теоретической кривыми и близости модели к априорным данным о разрезе.

Положение основных границ в разрезе было зафиксировано по сейсмическим данным. Там, где не удавалась подобрать модель в рамках положения горизонтов, закреплённых по сейсмическим данным, сейсмические границы были смещены. Если на кривых МТЗ прослеживались горизонты, не выделенные по сейсмическим данным, они вводились в модель и отображались на геоэлектрических разрезах.

Отметим, что разрез осадочного чехла слабоконтрастен по сопротивлению. Если интерпретировать только данные МТЗ, то геоэлектрический разрез, конечно, содержал бы меньше слоев, его детальность была бы ниже. Однако разумное использование априорной информации и понимание вклада каждого слоя в общую проводимость позволяют уверенно построить геоэлектрические разрезы.

На рисунках 4, 5 представлены геоэлектрические разрезы УЭС по профилю 1 – Юго-восточный участок и профилю 2 – Северо-Восточный участок. Мезозойско-кайнозойская часть геоэлектрических разрезов до глубины 1 300 м получены в результате одномерной инверсии. На разрезах показаны опорные сейсмические горизонты и отбивки по скважинам, которые использовались в процессе подбора геоэлектрической модели. Нижние геоэлектрические разрезы до глубины 10 км получены в результате двумерной инверсии. Они обнаруживают геоэлектрические неоднородности в палеозойской части разреза.

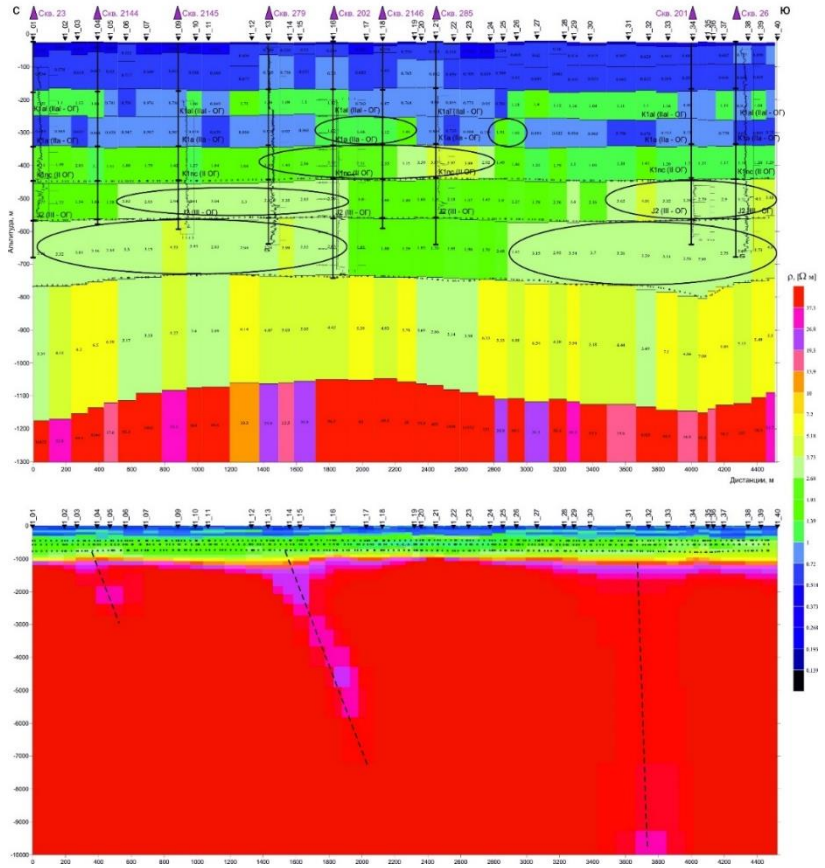


Рисунок 4. *Разрез УЭС по профилю 1, построенный по результатам интерпретации данных МТЗ*

Для выделения перспективных на углеводороды зон использовались скважинные данные. Помимо привязки интервалов и стратиграфии в обязательном порядке рассматривались результаты индукционного каротажа, как самого близкого к методу МТЗ, и характер флюидонасыщения. Анализ скважинных данных дает возможность сделать следующий вывод: наибольшим сопротивлением обладают нефтенасыщенные интервалы разреза, водоносыщение понижает сопротивление пластов.

Выше мы уже отмечали, что в МТЗ мы оперируем слоями в десятки и сотни метров, а охарактеризованные интервалы имеют толщины в несколько метров. Но опыт показывает, что при интегральном подходе вполне применимы результаты детальных исследований, если они подкреплены большой статистикой. В большинстве скважин наблюдалась такая закономерность, что повышение сопротивления наблюдалось именно в нефтенасыщенных пластах. Данный критерий и использовался при выделении перспективных зон.

Исходя из сделанного выше вывода, перспективными на первом профиле (юго-западный участок) представляются следующие интервалы разреза:

- В интервале глубин 170-250 м мелового разреза участки профиля с 1 по 4 пикеты, с 12 по 16, 26-33.
- В интервале глубин 250-350 м – участок с 16 по 19 пикеты. 200-метровый интервал повышенного сопротивления в районе 25-26 пикетов. По общему характеру геолектрической картины может вполне рассматриваться как палеорусло.
- В аптской части мела (глубины 350-450 м) отложения имеют более высокие УЭС, нежели вышележащие породы. На этом фоне выделяется центральный отрезок профиля с 13 по 24 пикеты с повышенными сопротивлениями и особенно отрезок с 19 по 24 пикет, где сопротивления в 3-4 раза выше, чем у одновозрастных образований.
- В неокомских отложениях (глубины 450-570 м) перспективными представляются два интервала 6-16 пикеты и 31-40. Последний интервал не закрыт с юга.
- В интервале глубин 350-420 м отрезки профиля с 13 по 22 точки МТЗ и с 31 по 38 пикет. Короткий 200-метровый участок повышенного сопротивления в центре профиля в районе пикетов 26-27 может быть связан с палеодолиной реки.

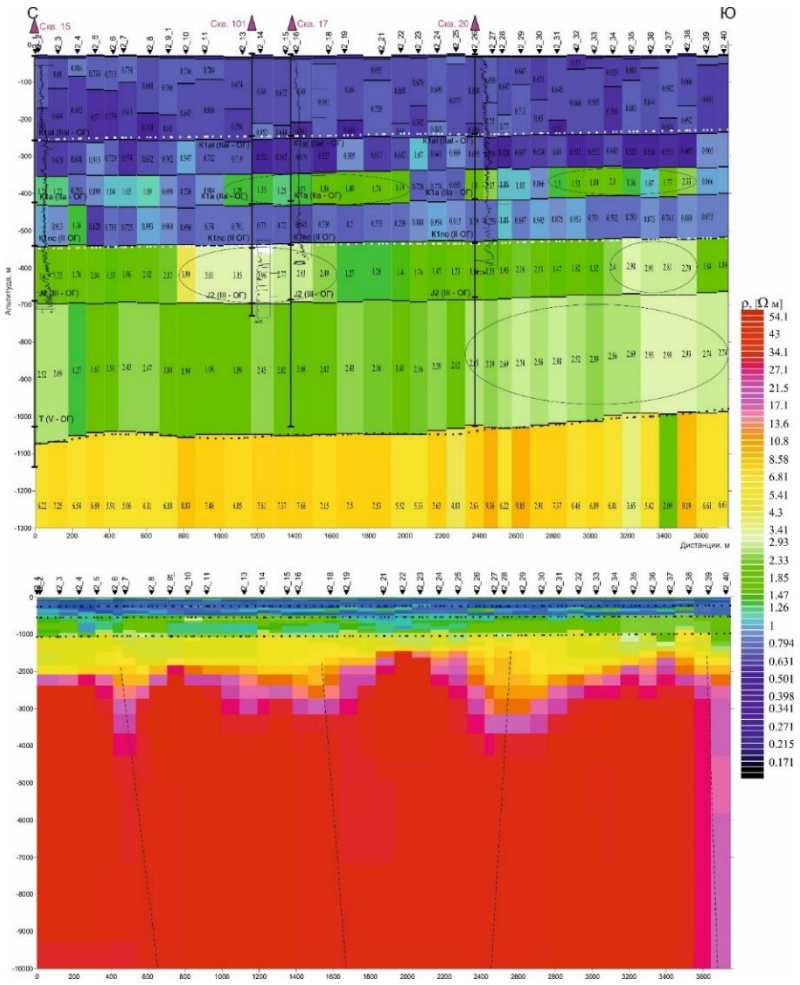


Рисунок 5. *Разрез УЭС по профилю 12, построенный по результатам интерпретации данных МТЗ*

На втором профиле в пределах северо-восточного участка выделяются следующие перспективные интервалы:

- В неокомских отложениях, в интервале глубин 520-680 м повышением сопротивления выделяются участки с 10 по 18 пикет и с 34 по 38 пикет.
- В юрских отложения, в интервале глубин от 570 до 770 м повышением сопротивления характеризуются северный и южный концы профиля и лишь центральная часть с 17 по 25 пикеты имеет пониженные сопротивления.

В юрских отложениях, на глубинах 680-1050 м повышением сопротивления характеризуется вся южная половина профиля с 26 по 40 пикет (с юга отрезок не замкнут).

Что касается палеозойской части разреза, то по результатам двумерной инверсии на первом профиле выделяются две слабонаклонные зоны понижения сопротивления, предположительно связанные с разрывными нарушениями. Это участки профиля в районе 14-15 и 31-32 пикетов. Падение сопротивлений на данном участке хотя и выглядит символическим в принятой цветовой шкале, но имеет весьма устойчивый характер. Кроме того, на севере профиля 1 в районе 4-6 пикетов выделяется относительно неглубокий «карман» пониженного сопротивления, природа которого не ясна.

На профиле 2 палеозойская часть имеет менее однородное строение. Её скорее можно охарактеризовать как блоковую: четыре высокоомных блока разделены слабоконтрасными проводящими зонами. Северные первый и второй высокоомные блоки разделены субвертикальной проводящей зоной, связаной, по-видимому, с разломом, в районе 7-8 пикетов. Высокоомный куполообразный блок в центральной части профиля в отличие от остальных трех не имеет высокоомного корня и окружен со всех сторон зоной снижения сопротивления. Находящаяся к северу от этого высокоомного блока проводящая зона слабонаклонена на юг и имеет характерную для разломов картину. Четвертый высокоомный блок ограничен с юга вертикальной зоной повышения проводимости.

Таким образом, на исследуемых участках по двум профилям намечены перспективные участки в мезозойской части разреза и дана общая характеристика строения палеозойских отложений с выделением предполагаемых разрывных нарушений.

Проведенный сопоставительный анализ результативных материалов МТЗ показал, что результаты МТ-исследований, полученные с новой высокоточной аппаратурой MTU по технологии SFMT, существенно изменяют наши представления о возможностях электромагнитных исследований в нефтегазопоисковых работах. В геоэлектрическом разрезе осадочного чехла по площади исследований были выделены горизонты, сопротивление которых отражает изменение литолого-фациального состава вмещающих пород. На всех геоэлектрических разрезах отмечено возрастание УЭС с глубиной. По результатам интерпретации электромагнитных данных мезозойских отложений выявлены перспективные нефтенасыщенные области, определены их физические и геометрические характеристики. Поверхность пермотриасовых отложений выделяется, как граница пород с высокими электрическими сопротивлениями разреза. Совместная комплексная интерпретация данных МТЗ с сейсморазведкой показало высокую геологическую эффективность электромагнитных методов разведки.

Литература

Ингеров О. [2005] Применение электроразведочных методов при поисках залежей углеводородов. *Записки Горного института*, Том **162**, 15. Санкт-Петербургский горный университет.

Куликов В.А. [2015] Электроразведочные технологии на этапах поиска и оценки рудных месторождений. *Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук.* Москва.

Умирова Г.К, Касымбаев Ж.Т. [2019] Электроразведка МТЗ при поисках месторождений нефти и газа. *Материалы научно-практической конференции «Атырау Гео-2019»,* Атырау.

Мурзагалиев Р.С. [2009] Геологическая модель Каражанбасского месторождения высоковязкой нефти и современные геотехнологии ее извлечения. *Автореферат диссертации на соискание звания кандидат геолого-минералогических наук по ВАК РФ 25.00.12*. Москва.

References

Ingerov O. [2005] Primenenie elektrorazvedochnyh metodov pri poiskah zalezhej uglevodorodov (Application of electrical exploration methods in the search for hydrocarbon deposits). *Journal of Mining Institute*, 162, 15. Saint Petersburg Mining University.

Kulikov V.A. [2015] Elektrorazvedochnye tekhnologii na etapah poiska i ocenki rudnyh mestorozhdenij (Electrical exploration technologies at the stages of search and evaluation of ore deposits). *The dissertation on competition of a scientific degree of doctor of geological-mineralogical Sciences.* Moscow.

Murzagaliev R.S. [2009] Geologicheskaya model' Karazhanbasskogo mestorozhdeniya vysokovyazkoj nefti i sovremennye geotekhnologii ee izvlecheniya (Geological model of the Karazhanbass field of high-viscosity oil and modern geotechnologies of its extraction). *Abstract of the dissertation for the title of Candidate of Geological and Mineralogical Sciences in the Higher Attestation Commission of the Russian Federation 25.00.12.* Moscow.

Umirova G.K, Kasymbaev Zh.T. [2019] Elektrorazvedka MTZ pri poiskah mestorozhdenij nefti i gaza (Electrical exploration of MTZ in the search for oil and gas fields). *Materials of the scientific and practical conference "Atyrau Geo-2019",* Atyrau.