

**Институт геологии и нефтегазового дела им. К.
Турысова**

**GEO214 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН
(ПРОДВИНУТЫЙ)**

3 – лекция

**Интерпретация результатов измерений микрозондами.
Интерпретация кривых, полученных микрокаротажем**

**Д.т.н., профессор
Ратов Боранбай Товбасарович**

Микрозондирование (микрокаротаж)

Под микрокаротажем (МК) понимают каротаж сопротивления обычными градиент- и потенциал-зондами малых размеров, расположенными на прижимном изоляционном башмаке (рис-1). При работе башмак с электродами прижимается пружинами к стенке скважины, чем достигается частичное экранирование зонда от промывочной жидкости и уменьшение влияния ее на результат измерений. В средней части башмака микрозонда смонтированы три электрода – А, М и N на расстоянии 25 мм друг от друга. С их помощью по обычной схеме электрического каротажа образуют градиент-микрозонд А0,025М0,025 N и потенциал-микрозонд А0,05М, которыми производят измерения в скважине одновременно. Интерпретация кривых МК заключается в детальном расчленении разреза, выделении в нем проницаемых и непроницаемых прослоев, определения удельного сопротивления промытой части пласта $r_{пп}$. Если против проницаемого пласта образуется глинистая корка, кажущиеся сопротивления, измеряемые потенциал микрозондом, значительно выше сопротивлений, измеренных одновременно против тех же пластов градиент-микрозондом с заметно меньшим радиусом исследования. Такое превышение сопротивления получило название положительного расхождения (приращения). Оно характерно для проницаемых пластов. Положительное расхождение отмечается чаще всего в проницаемых песчаноалевролитовых пластах с глинистой коркой небольшой толщины и ее сопротивлением, в несколько раз меньшим $r_{зп}$ (рис-2). В отдельных случаях сопротивления, измеренные градиент-микрозондом, превышают сопротивления, полученные потенциал-зондом, т.е. наблюдается отрицательное приращение, которое характерно для случаев, когда $r_c > r_p$.

В связи с небольшими размерами зондов метод микрозондов имеет малую глубину исследования. Например, при изучении пород-коллекторов практически определяют удельное сопротивление части пласта, видоизмененной проникновением фильтрата бурового раствора. Поэтому по данным микрозондов нельзя получить представление об удельном сопротивлении 43 коллекторов за зоной проникновения, а следовательно, и о характере насыщенности пласта (нефть, газ, вода).

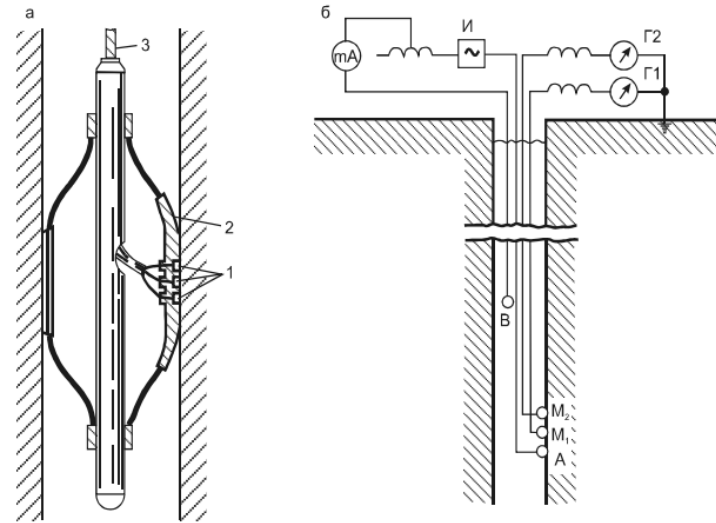


Рис. 1 Принципиальная схема измерений микрозондами: а – общий вид микрозонда: 1 – электроды; 2 – башмак; 3 – кабель; б – схема записи: Г1, Г2 – приборы для регистрации кривых

К недостаткам метода кажущихся сопротивлений следует отнести невозможность получения надежных результатов при исследовании скважин, заполненных очень соленым буровым раствором (за исключением микрозондирования), а также невозможность использования метода при изучении скважин, заполненных нефтью или раствором на нефтяной основе. Для интерпретации данных БКЗ необходимо знать удельное электрическое сопротивление промывочной жидкости (ПЖ). Определение сопротивления ПЖ осуществляют с помощью резистивиметра, представляющего собой трехэлектродный или четырехэлектродный зонд малого размера, расстояния между электродами которого настолько малы, что ток замыкается внутри бурового раствора, и стенки скважины не влияют на результаты измерений. Конфигурации электродов резистивиметра могут иметь самую различную форму. Электрическая схема измерений с резистивиметром полностью аналогична схеме метода КС.

Результаты резистивиметрии имеют и самостоятельное значение: по ним можно фиксировать момент вскрытия скважиной водоносных пластов, определять положение мест притока и поглощения жидкости и т.д.

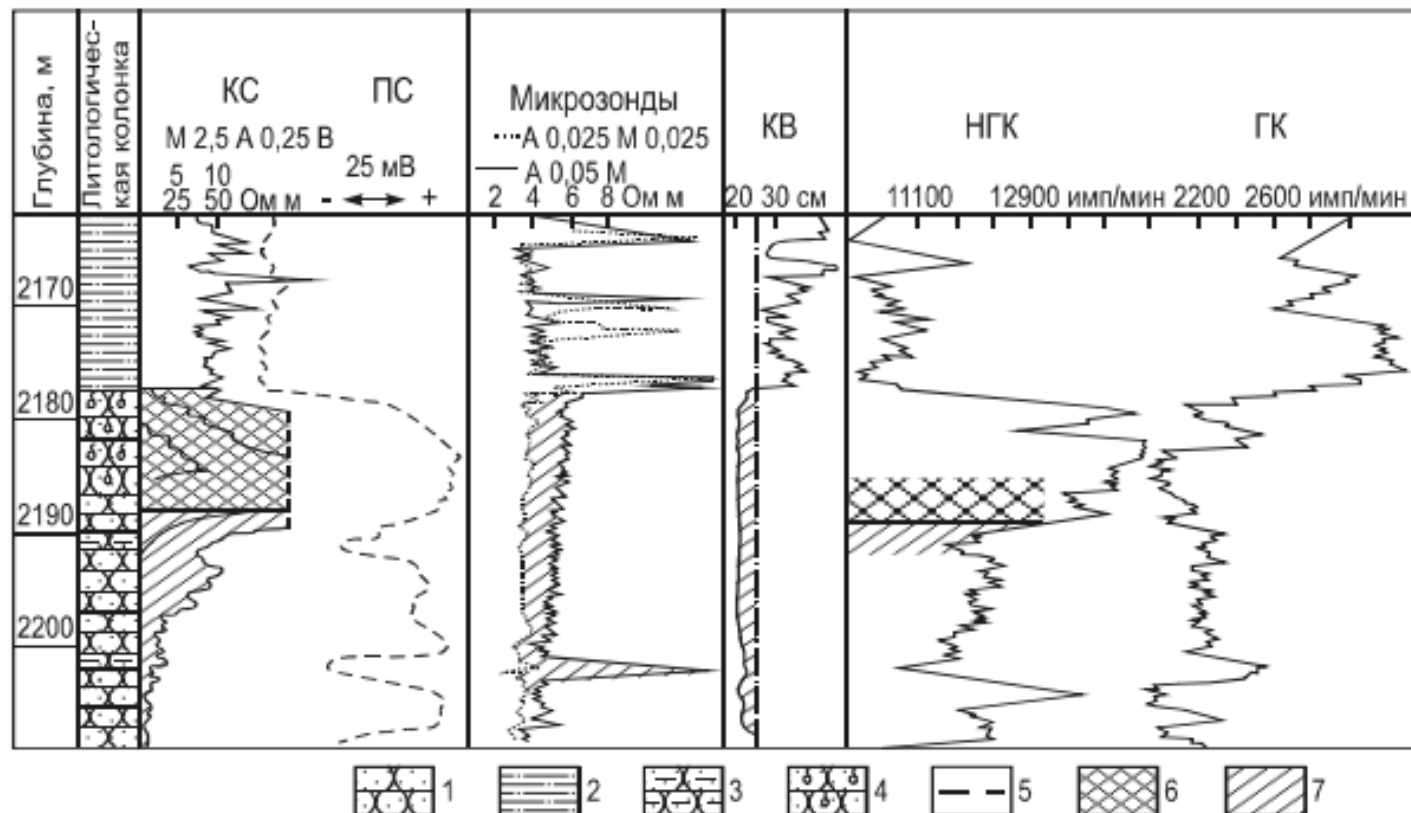
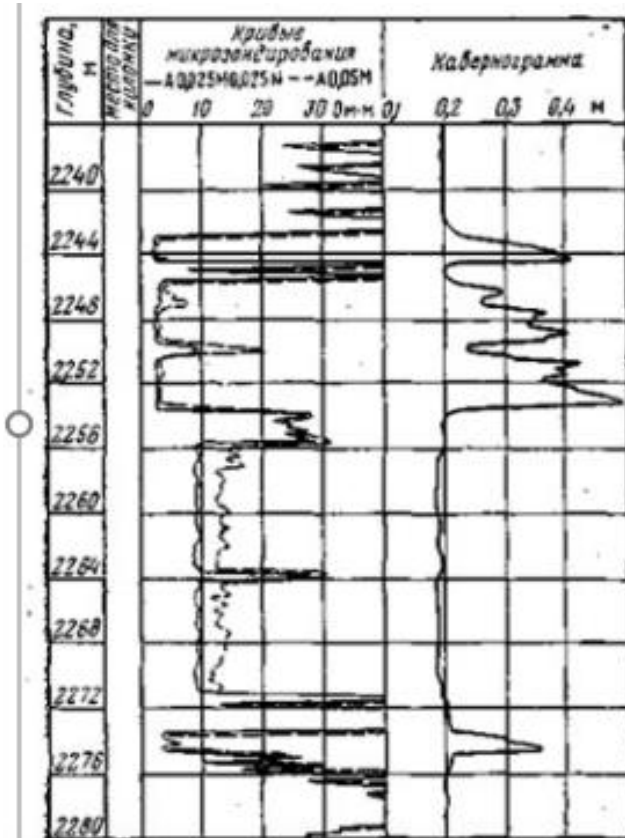


Рис. 2 – Пример использования кривых микрозондов в комплексе с другими диаграммами: 1–песчаник; 2– глина песчаная; 3 – песчаник глинистый; 4– песчаник газонасыщенный; 5 – граница газ–вода; 6 – газонасыщенная часть пласта; 7 – водонасыщенная часть пласта



Зонды А0.025М0.025N (МГЗ) и А0.05М (МПЗ) имеют соответственно длины 0,0375 м и 0,05 м.

Радиус исследования зонда А0.025М0.025N составляет 0,0375 м, зонда А0.05М - 0,1 м.

Запись зондами МК производится одновременно.

Кажущееся сопротивление ρ_k определяется по формуле:

$\rho_k = K(\Delta U/I)$ где, K – коэффициент зонда. Единица измерения – Омм.

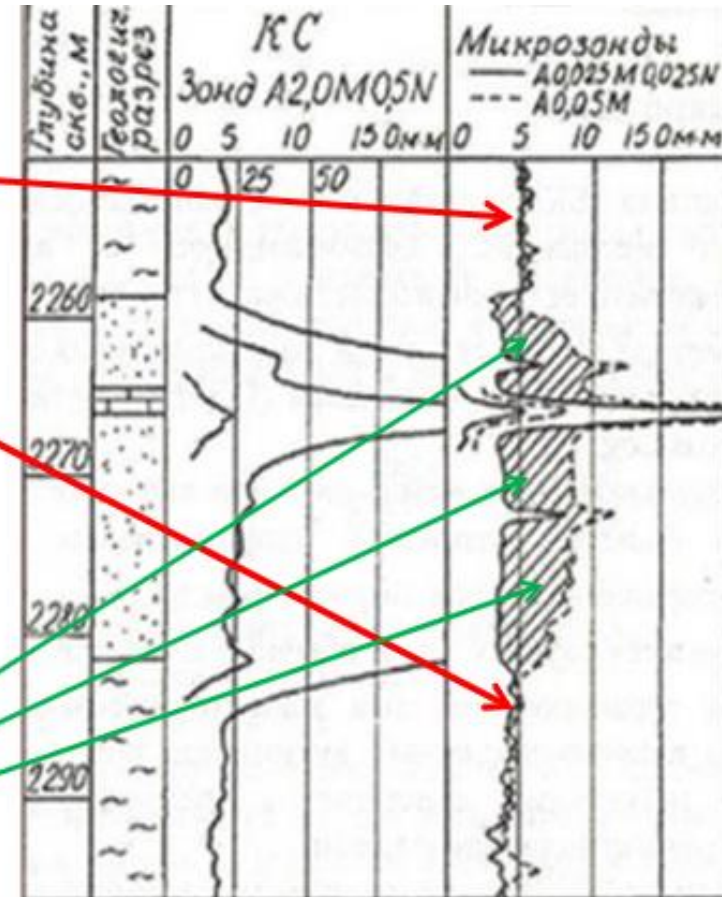
Использование кривых МК для отбивки границ пластов.

Границы пластов по диаграммам МК находятся по крутым подъёмам кривых. Используются МК для литологического расчленения разрезов скважин, выделения коллекторов. Пласт является:

- коллектором, если показания МГЗ ($\rho_{k, \text{МГ}}$) и МПЗ ($\rho_{k, \text{МП}}$) невысокие и $\rho_{k, \text{МП}} > \rho_{k, \text{МГ}}$;
- неколлектором - глиной, если показания МГ и МП - невысокие и $\rho_{k, \text{МП}} \approx \rho_{k, \text{МГ}}$;
- неколлектором – плотной породой, если показания МГ и МП - высокие и $\rho_{k, \text{МП}} \approx \rho_{k, \text{МГ}}$.

Интерпретация диаграмм МКЗ

- В **непроницаемых пластах** показания обоих зондов совпадают.
- Поскольку радиус исследования МГЗ меньше, чем МПЗ, то на его показания оказывают большее влияние промывочная жидкость и глинистая корка, а на показания МПЗ - промытая зона скважины.
- Так как удельное сопротивление промытой зоны больше сопротивления глинистой корки, то против коллекторов показания МПЗ превышают показания МГЗ, то есть пласты-коллекторы характеризуются **положительными приращениями** кажущегося сопротивления.



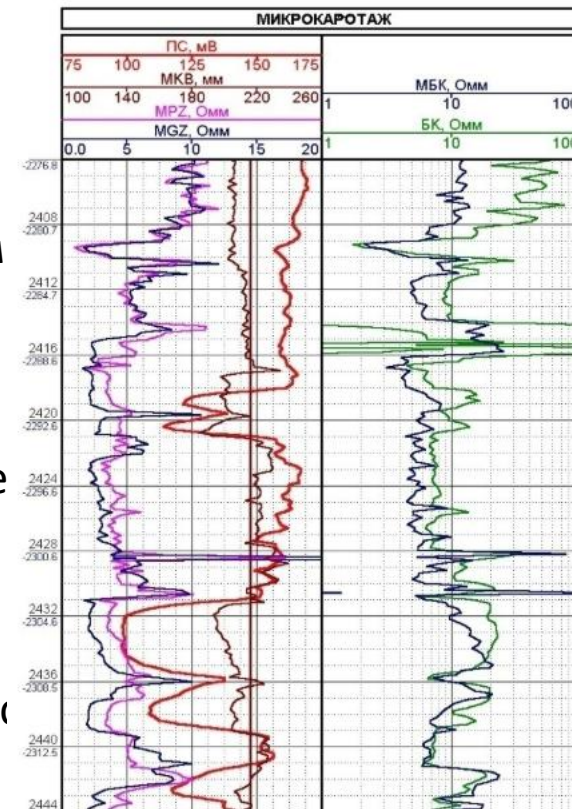
Характер интерпретации кривых микрокаротажа:

Если на диаграмме наблюдается **резкое возрастание сопротивления**, это свидетельствует о переходе к более плотным, слабо проницаемым или нефтегазонасыщенным породам. Напротив, **понижение сопротивления** указывает на глинистые, водонасыщенные или хорошо промытые зоны.

Микрофокусные зонды, благодаря направленному току, позволяют лучше выделять **истинное сопротивление приповерхностной зоны**, не искажённое проводимостью бурового раствора. На диаграмме такие данные выглядят более устойчивыми и резким чётко показывая границы между слоями.

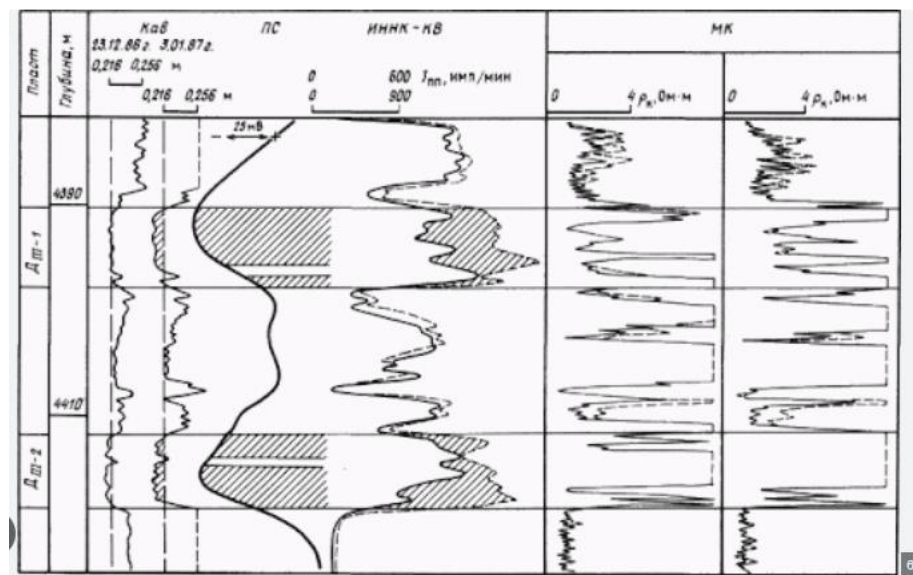
При сравнении микрокривых с данными других видов каротажа (например, бокового каротажного зондирования или потенциалометрического каротажа) можно получить более точное представление о распределении сопротивлений в околоскважинной зоне. Это помогает определить **глубину проникновения фильтрата**, оценить **эффективную мощность коллектора** и различить **тонкие пропластки**, которые неразличимы другими методами.

Визуально на диаграммах микрокаротажа пористые и проницаемые пласты проявляют как **узкие, чёткие пики повышенного сопротивления**, в то время как глинистые и непроницаемые слои дают **гладкие или размытые понижения**. Благодаря высокой разрешающей способности микрокаротаж часто используется при **детализации разреза**, особенно в тонкослоистых отложениях и при изучении зон контакта нефти и воды.



Современные микрозонды оснащаются электронными системами фокусировки, что повышает точность измерений и снижает влияние неровностей стенки скважины. Интерпретация проводится с помощью компьютерных моделей, которые позволяют выделять зоны с различной проницаемостью и оценивать фильтрационные свойства пород на глубинном уровне.

Интерпретация результатов микрокаротажа основана на анализе формы и амплитуды кривых сопротивления, полученных микрозондами. Эти данные позволяют детально изучить структуру стенки скважины, определить границы пластов, толщину зоны проникновения и уточнить литологию пород, что делает микрокаротаж важным инструментом при оценке коллекторских свойств и нефтегазоносности разреза.



- Интерпретация диаграмм бокового микрокаротажа заключается в оценке удельного сопротивления промытой части пласта $\rho_{\text{шт}}$.
- В карбонатном разрезе по характеру дифференцированности кривой сопротивления ρ_k МБК различают плотные и трещиновато-кавернозные породы (против трещиновато-кавернозных пород кривая ρ_k МБК характеризуется резкой дифференцированностью).
- На показания МБК, в отличие от обычных микрозондов, *влияние высокопроводящей промывочной жидкости сказывается мало*, поэтому этот метод получил широкое применение при исследовании скважин, пробуренных на высокоминерализованной промывочной жидкости.