

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



## Микропондирование (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 достигаются частичное экранирование зонда от промывочной жидкости и уменьшение влияния ее на результат измерений. В средней части башмака микропонда смонтированы три электрода – А, М и N на расстоянии 25 мм друг от друга. С их помощью по обычной схеме электрического каротажа образуют градиент-микропонд А0,025М0,025 N и потенциал-микропонд 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 рп. Если против проницаемого пласта образуется глинистая корка, кажущиеся сопротивления, измеряемые потенциал микропондом, значительно выше сопротивлений, измеренных одновременно против тех же пластов градиент-микропондом 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 рзп (рис-2). В отдельных случаях сопротивления, измеренные градиент-микропондом, превышают сопротивления, полученные потенциал-зондом, т.е. наблюдается отрицательное приращение, которое характерно для случаев, когда  $r_{\text{с}} > r_{\text{р}}$ .

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 бурого 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).

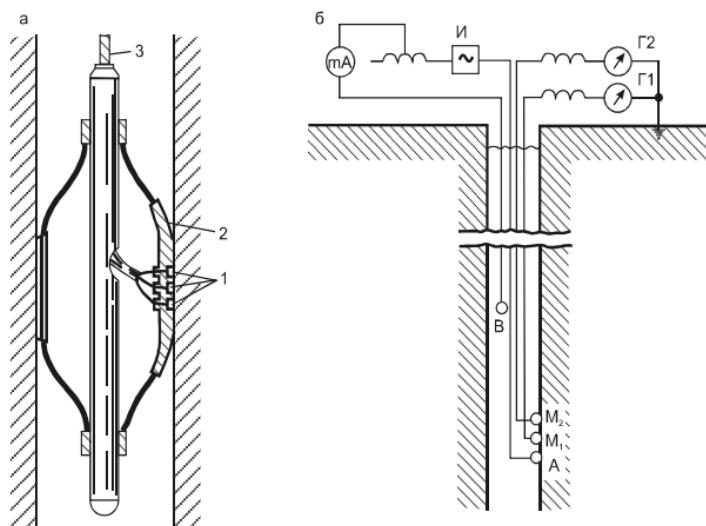


Рис. 1 Принципиальная схема измерений микрозондами: а – общий вид микрозонда: 1 – электроды; 2 – башмак; 3 – кабель; б – схема записи: Г1, Г2 – приборы для регистрации кривых

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.

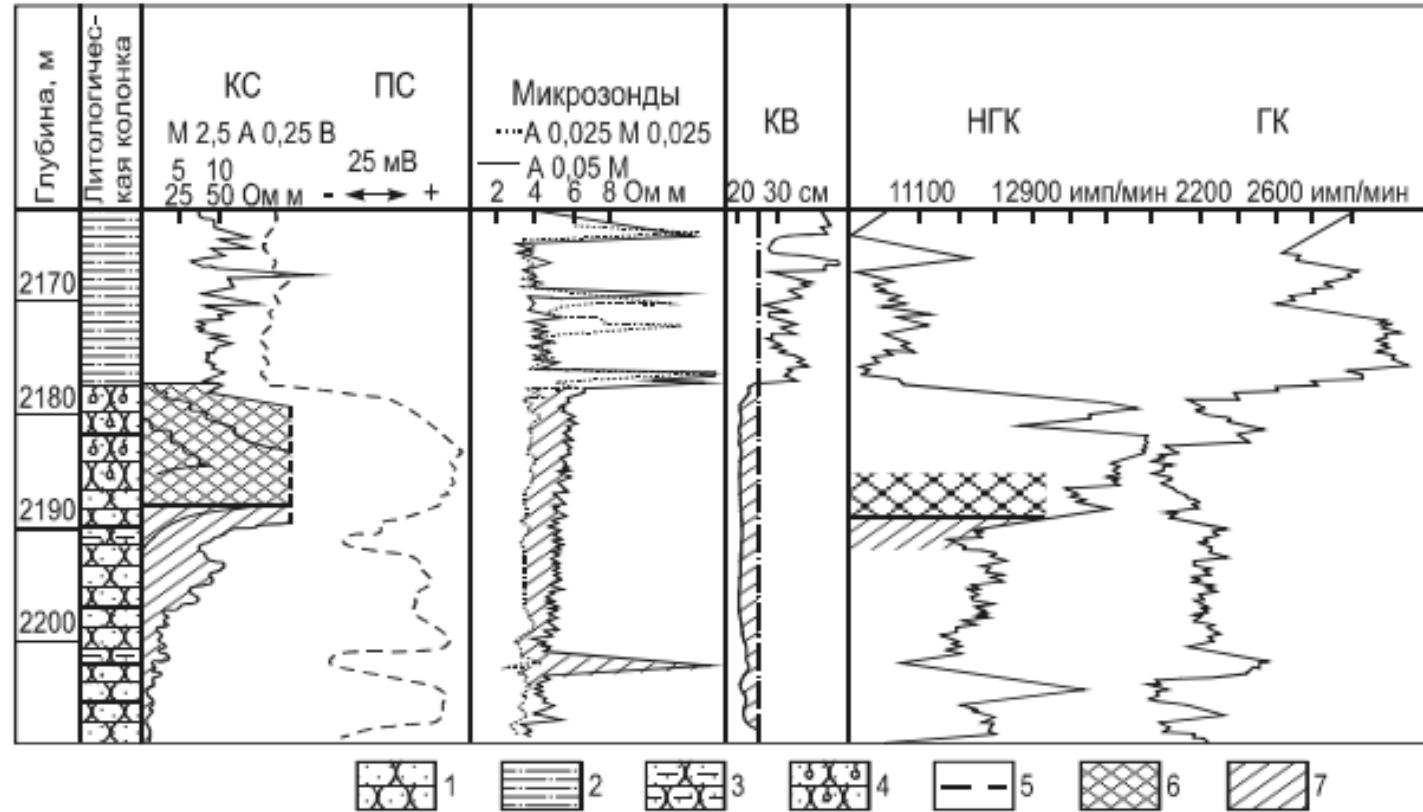
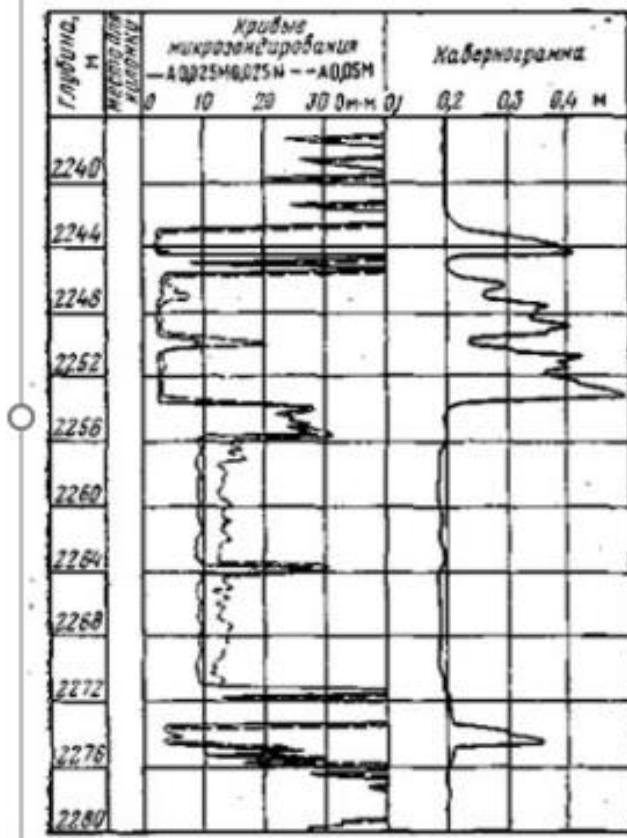


Рис. 2 – Пример использования кривых микрозондов в комплексе с другими диаграммами: 1–песчаник; 2–глина песчаная; 3 – песчаник глинистый; 4– песчаник газонасыщенный; 5 – граница газ–вода; 6 – газонасыщенная часть пласта; 7 – водонасыщенная часть пласта



Зонды A0.025M0.025N (МГ3) и A0.05M (МП3) имеют соответственно длины 0,0375 м и 0,05 м.

Радиус исследования зонда A0.025M0.025N составляет 0,0375 м, зонда A0.05M - 0,1 м.

Запись зондами МК производится одновременно.

Кажущееся сопротивление  $\rho_k$  определяется по формуле:

$$\rho_k = K(\Delta U/I) \text{ где, } K \text{ -- коэффициент зонда. Единица измерения -- Омм.}$$

*Использование кривых МК для отбивки границ пластов.*

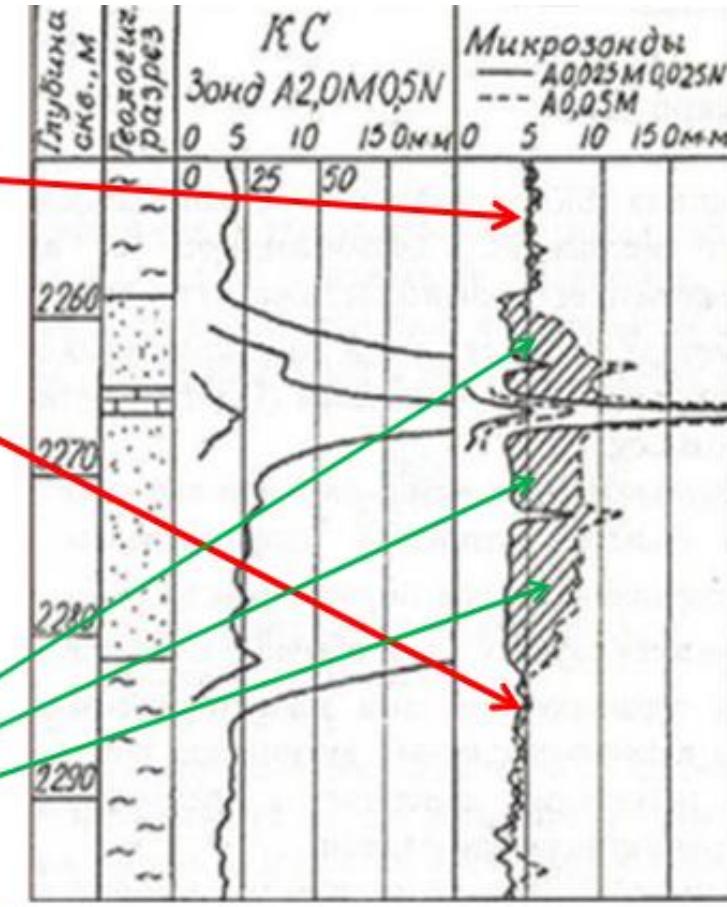
Границы пластов по диаграммам МК находятся по крутым подъёмам кривых. Используются МК для литологического расчленения разрезов скважин, выделения коллекторов.

Пласт является:

- коллектором, если показания МГ3 ( $\rho_k$ , мг) и МП3 ( $\rho_k$ , 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 **пласти-коллекторы характеризуются положительными приращениями кажущегося сопротивления.**



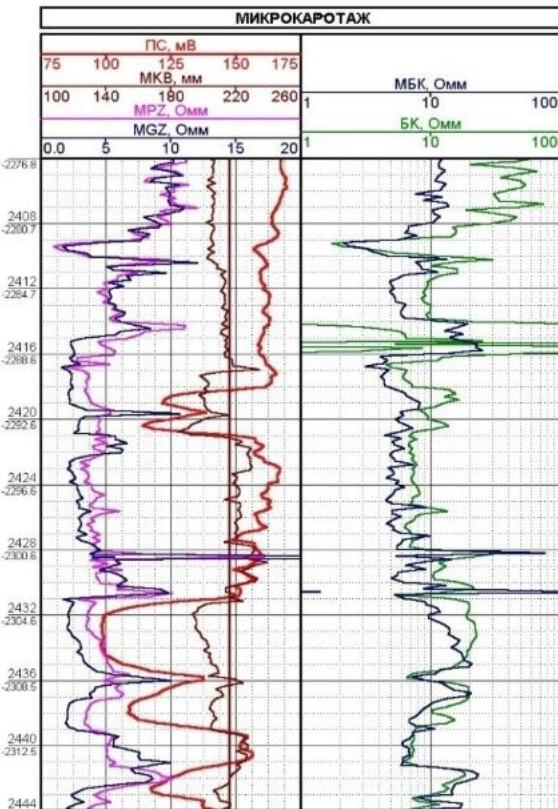
## Характер интерпретации кривых микрокаротажа:

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 бурowego раствора. На диаграмме такие данные выглядят более устойчивыми и резким чётко показывая границы между слоями.

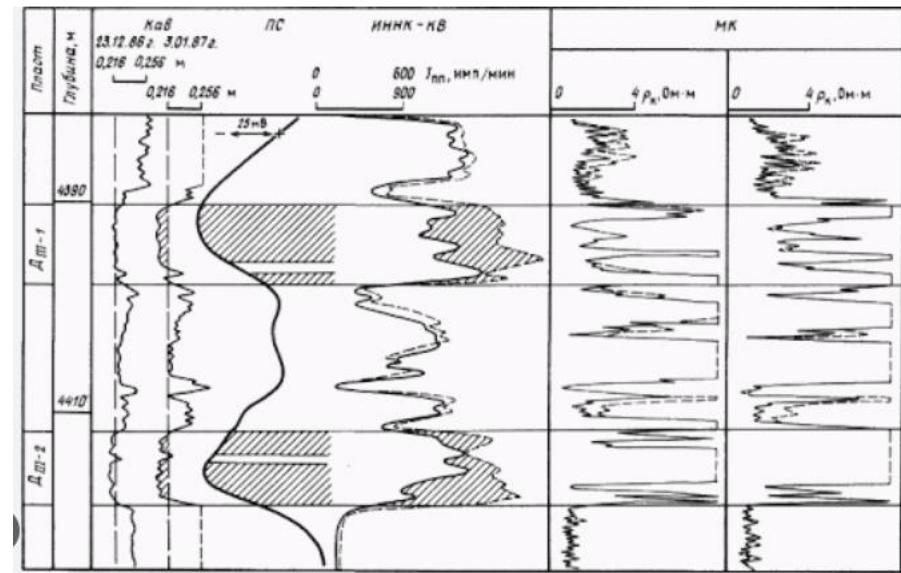
При сравнении микрокривых с данными других видов каротажа (например, бокового каротажного зондирования или потенциалометрического каротажа) можно получить более точное представление о распределении сопротивлений в околоскважинной зоне. Это помогает определить **глубину проникновения фильтрата**, оценить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

Визуально на диаграммах микрокаротажа пористые и проницаемые пласти проявляются 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  $r_{\text{пп}}$ .
- В карбонатном разрезе по характеру дифференцированности кривой сопротивления  $r_k$  МБК различают плотные и трещиновато-кавернозные породы (против трещиновато-кавернозных пород кривая  $r_k$  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.