СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

GEO214 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН (ПРОДВИНУТЫЙ)

9– лекция

Интерпретация диаграмм нейтронных методов. Изучение разрезов скважин. Количественная интерпретация диаграмм нейтронных методов: определение коэффицентов пористости и газонасыщенности. Определение положения контактов ГНК, ВНК, ГВК

Д.т.н., профессор
Ратов Боранбай Товбасарович

SATBAYEV UNIVERSITY

Department of Geophysics and Seismology

При изучении разрезов скважин выделяются:

1)общая толщина горизонта (пласта) — расстояние от кровли до подошвы, определяемое в стратиграфических границах;
2) эффективная толщина, равная общей толщине за вычетом толщины прослоев неколлекторов, выделенных в разрезе горизонта;
3) нефтенасыщенная (газонасыщенная) толщина, равная суммарной толщине прослоев нефтегазонасыщенных коллекторов.

В чисто нефтяной зоне залежи (во внутреннем контуре нефтеносности) эффективная толщина равна нефтенасыщенной. В водонефтяной (водогазовой) зоне пласта нефтенасыщенная (газонасыщенная) толщина определяется как часть эффективной в интервале от его кровли до поверхности ВНК или ГВК.

Значения эффективной и нефтегазонасыщенной толщин в пределах площади залежи различаются, иногда довольно существенно. Для отображения изменения названных толщин строятся карты в изолиниях, называемые картами изопахит (изопахиты - линии равных значений толщины).

Метод построения карты изопахит такой же, как и структурной карты, — линейная интерполяция. В пределах внутреннего контура нефтегазоносное значения конфигурации изопахит эффективной и продуктивной толщин совпадают. От внутреннего контура к внешнему идет закономерное уменьшение нефтегазонасыщенной толщины. Внешний контур нефтегазоносное одновременно является линией нулевых значений эффективной нефтегазонасыщенной толщины, т.е. фактически границей залежи.

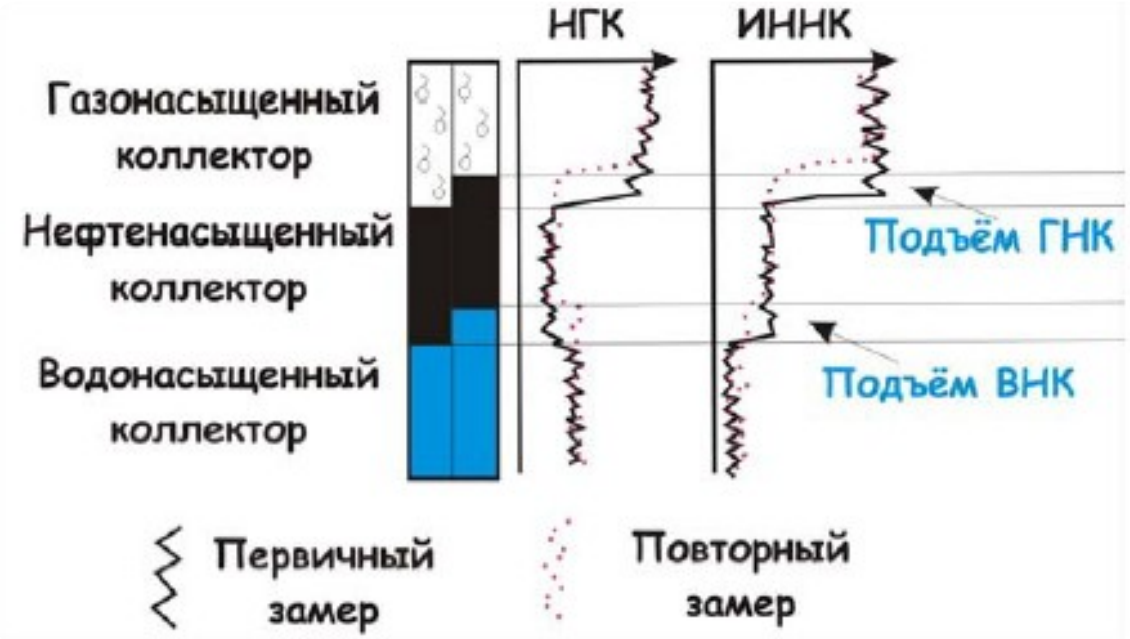
От полноты комплекса геофизических исследований, правильного его выбора, для конкретных условий, освещенности разреза керном зависит степень детальности расчленения разреза скважины.

Еще раз следует отметить, что в терригенном разрезе петрофизические свойства пород обусловлены глинистостью и поэтому здесь наиболее информативны показания рк, *Ucn* и Iy. Карбонатные породы в основном различаются по типу пустотного пространства и его величине, поэтому в карбонатном разрезе более информативны нейтронные и акустические методы и метод сопротивлений.

Результаты расчленения разреза скважины представляются в виде литологической колонки, на которой приводятся кривые основного комплекса геофизических исследований.

Выделение коллекторов и неколлекторов позволяет определить в каждой скважине один из важных параметров, необходимый как для подсчета запасов, так и для эффективной организации разработки залежей и эксплуатации отдельных скважин, — толщины пластов и горизонта.

Методы нейтронного каротажа



- Нейтронные методы основаны на облучении пород нейтронами от стационарного ампульного источника и измерении плотностей потоков надтепловых и тепловых нейтронов и гамма-квантов, образующихся в результате ядерных реакций рассеяния и захвата нейтронов. Измеряемая величина – скорость счета в импульсах в минуту (имп/мин); расчетная величина – водородосодержание пород в стандартных условиях в процентах.
- В зависимости от регистрируемого излучения различают: нейтронный каротаж по надтепловым нейтронам – ННК-НТ; нейтронный каротаж по тепловым нейтронам - ННК-Т; нейтронный гамма-каротаж – НГК. Первые два вида исследований выполняют, как правило, с помощью компенсированных измерительных зондов, содержащих два детектора нейтронов; НГК – однозондовыми или двухзондовыми приборами, содержащими источник нейтронов и один или два детектора гамма-излучения

Нейтронный гамма-метод

Сущность нейтронного гамма-метода (НГМ) состоит в исследовании интенсивности искусственного гамма-поля, образовавшегося в результате поглощения (радиационного захвата) тепловых нейтронов породообразующими элементами.

Интенсивность гамма-излучения радиационного захвата зависит в основном от числа тепловых нейтронов, поглощаемых единицей объема горной породы, и длины зонда. Число нейтронов, поглощаемых единицей объема породы, пропорционально плотности тепловых нейтронов, которая зависит от замедляющих и поглощающих свойств горной породы. Замедляющие свойства среды зависят от водородосодержания, а поглощающие свойства – от водородосодержания и содержания элементов с высоким сечением захвата тепловых нейтронов в окружающей среде (хлора, бора, железа, марганца и др.).

Радиус (глубинность) исследования НГМ составляет 30 - 40 см, уменьшаясь с повышением объемного водородосодержания горных пород и содержания в них элементов с аномально высоким сечением радиационного захвата тепловых нейтронов. Таким образом, глубинность НГМ по разрезу скважины есть величина переменная. Она больше в низкопористых чистых песчаниках, плотных карбонатных, газоносных пластах, меньше в высокопористых породах, насыщенных нефтью или водой, глинах и гипсах.

Схема прибора НГК

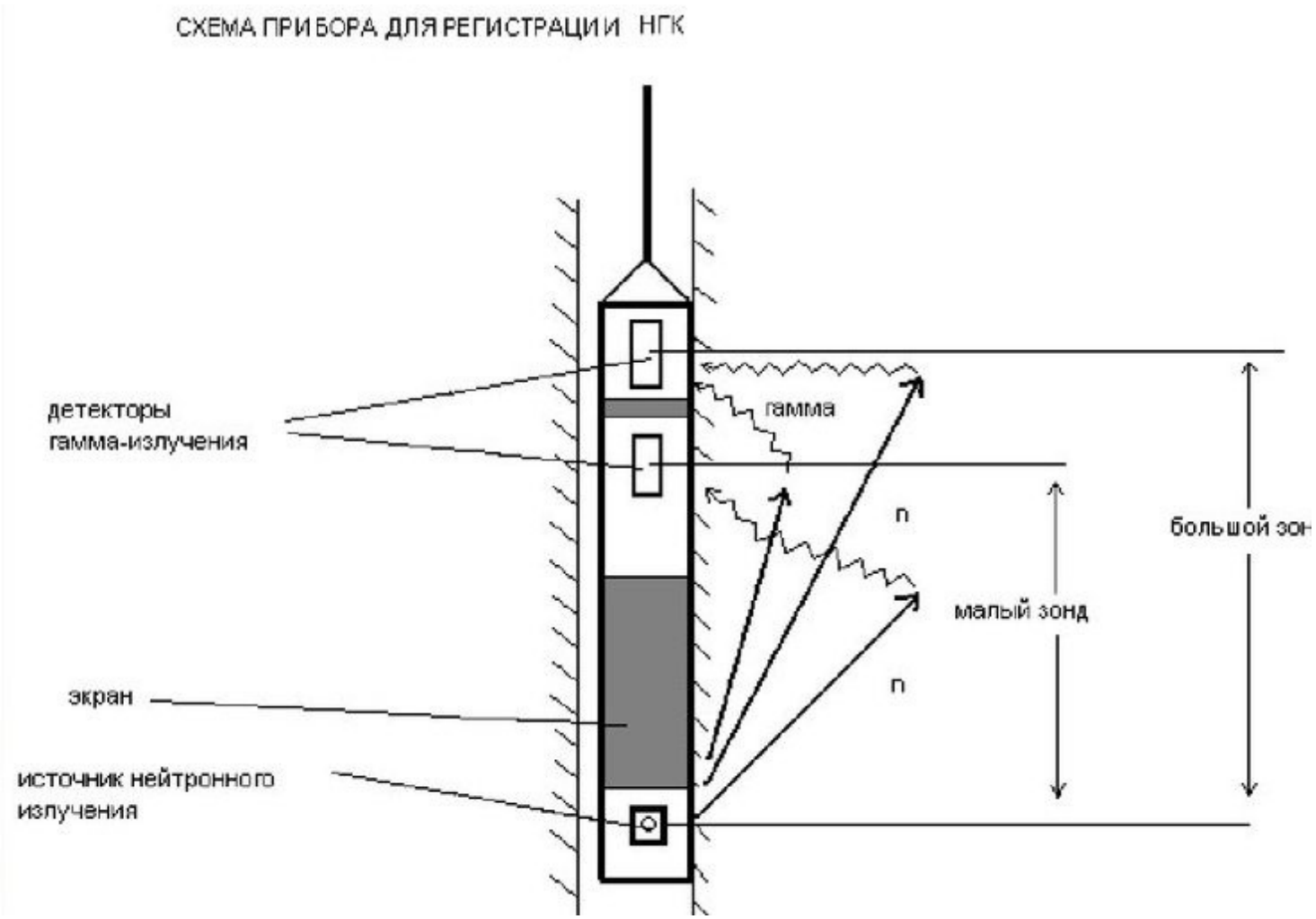
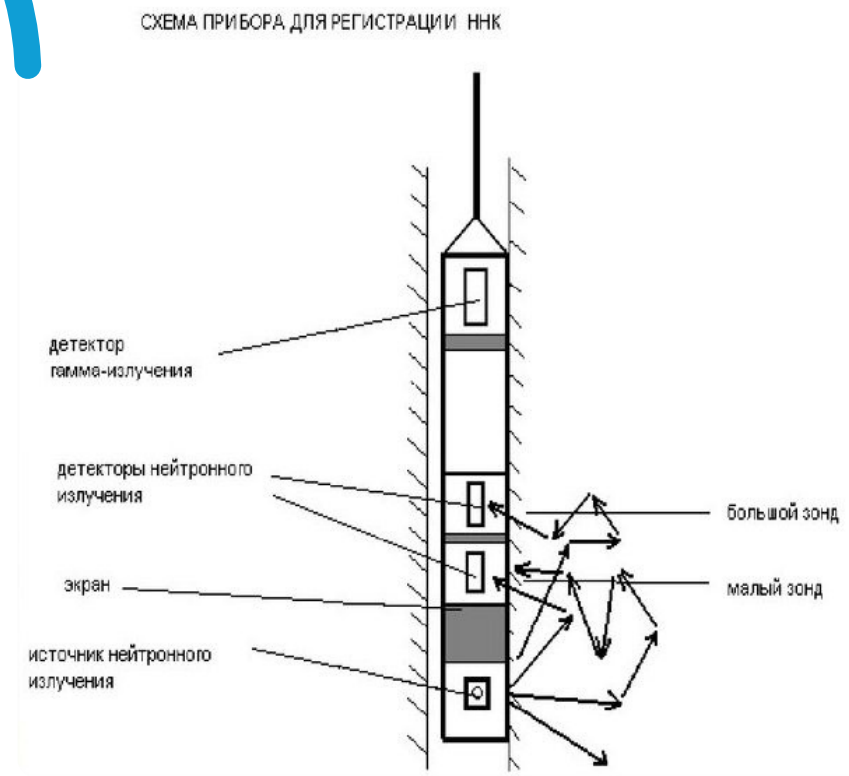


Рисунок 1. Схемы прибора НГК

Нейтрон-нейтронный каротаж

- **Нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым нейтронам** основан на облучении горных пород быстрыми нейтронами от ампульного источника и регистрации нейтронов по разрезу скважины, которые в результате взаимодействия с породообразующими элементами замедлились до тепловой энергии.
- Регистрируемая интенсивность тепловых нейтронов зависит от замедляющей и поглощающей способности горной породы. Наибольшая потеря энергии нейтрона наблюдается при соударении с ядром, имеющего массу равную единице, т.е. с ядром водорода. Для тепловых нейтронов, образующихся при замедлении быстрых нейтронов, наиболее характерен радиоактивный захват, сопровождающийся вторичным гамма-излучением.
- **Таким образом, по данным ННК-Т можно определять водородосодержание горных пород, которое для пластов-коллекторов напрямую связано с пористостью.**



Нейтронный каротаж

Нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым нейтронам дает сведения об эквивалентном водосодержании пород, относится к основным исследованиям, проводится во всех поисковых и разведочных скважинах, в открытом стволе, перед спуском каждой технической или эксплуатационной колонны, по всему разрезу. Нейтрон-нейтронный каротаж в комплексе методов общих исследований **применяется при решении следующих задач:**

- - литостратиграфическое расчленение разрезов с возможностью построения детальной литостратиграфической колонки;
- - локальная и региональная корреляция по литологии физическим и фильтрационно-емкостным свойствам пород по всему исследованному разрезу с установлением однородных и неоднородных по строению и свойствам пород интервалов разреза;
- - предварительное выделение проницаемых пластов и покрышек (установление их толщин, строения по однородности);
- - предварительное выделение нефтегазонасыщенных пластов и оценка характера насыщения коллекторов;
- - предварительное выделение контактов пластовых флюидов (ВНК, ГВК, ГНК) в однородных коллекторах и прогноз фазового состояния углеводородов в пластовых условиях;
- - контроль технического состояния ствола скважины (в открытом стволе и в колонне);
- - совместно с ГК выделение карбонатных пород, углей, зон интенсивной углефикации;
- - предварительное определение пористости гранулярных коллекторов;
- - предварительное выделение газонасыщенных участков (совместно с АК) в пластах с незначительным проникновением и высокими фильтрационно-емкостными свойствами.

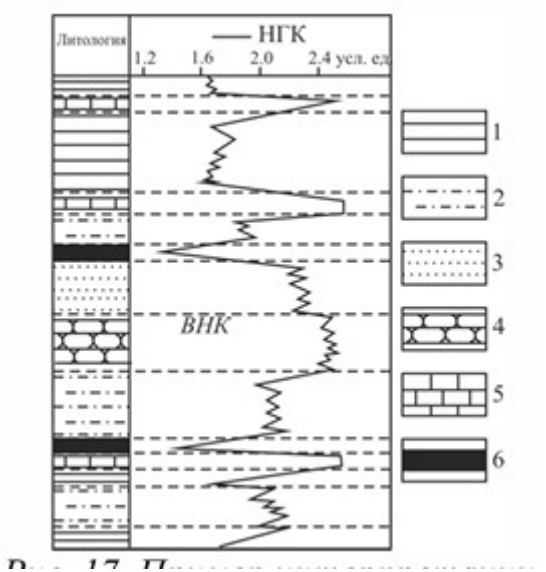
Импульсный нейтронный каротаж

Импульсный нейтронный каротаж (ИНК) в интегральной модификации основан на облучении скважины и породы быстрыми нейтронами от импульсного источника и измерении распределения во времени интегральной плотности тепловых нейтронов или гамма-квантов, образующихся в результате ядерных реакций рассеяния и захвата нейтронов. В зависимости от регистрируемого излучения различают:

- **импульсный нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым нейтронам (ИННК)**
- **импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГК).**

Импульсный нейтронный каротаж применяют в обсаженных скважинах для литологического расчленения разрезов и выделения коллекторов, выявления водо - и нефтегазонасыщенных пластов, определения положений водонефтяного контакта на месторождениях нефти с минерализованными (более 20 г/л) пластовыми водами, определения газожидкостных контактов, оценки пористости пород, количественной оценки начальной, текущей и остаточной нефтенасыщенности, контролем за процессом испытания и освоения скважин.

По нейтронным свойствам осадочные горные породы можно разделить на группы большого и малого водородосодержания. К первой группе относятся глины, характеризующиеся высокой влагоемкостью и содержащие значительное количество минералов с химически связанной водой (водные алюмосиликаты); угли, гипсы, содержащие химически связанную воду, а также некоторые очень пористые и проницаемые породы – коллекторы, насыщенные водой или нефтью. На диаграммах НГК эти породы отмечаются низкими показаниями радиационного гамма-излучения.



Пример интерпретации кривой НГК: 1 – глина; 2 – алевролит; 3 – песчаник нефтеносный; 4 – песчаник водоносный; 5 – известняк; 6 - уголь

Во вторую группу пород входят малопористые разности - плотные известняки и доломиты, сцементированные песчаники и алевролиты, а также ангидриты и каменная соль. На диаграммах НГК эти породы выделяются высокими показателями.

Против других осадочных пород показания НГК зависят от их глинистости и содержания в них водорода и хлора, т. е. насыщенности водой различной минерализации, нефтью или газом

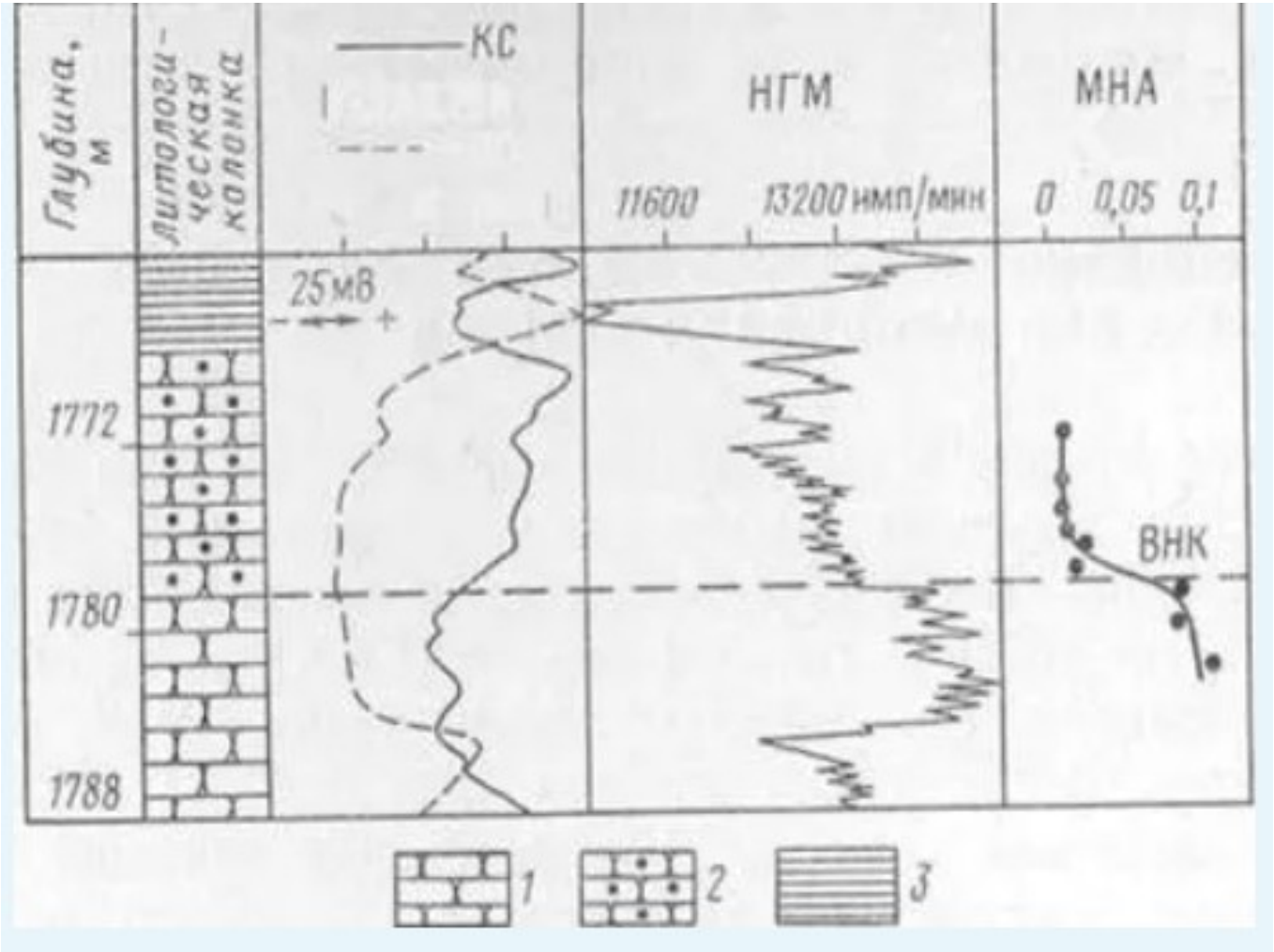
Определение первоначального положения ВНК, ГВК и ГНК

Первоначальное положение ВНК, ГВК и ГНК устанавливается комплексом промыслово-геофизических методов: в необсаженных скважинах — главным образом методами сопротивления, реже методами радиометрии, в обсаженных скважинах— в основном методами радиометрии и отчасти термометрии.

Водонефтяной контакт в необсаженных скважинах определяется следующими способами: 1) по показаниям КС градиент-зондов и потенциал-зондов достаточно большого размера; 2) по кривым КС микрозондов и рэф микрозондов СЭЗ; 3) по кривым σэф индукционного метода.

Газоводяной контакт в необсаженных и обсаженных скважинах устанавливается следующими способами: 1) по максимальным показаниям КС потенциал- и градиент-зондов большого размера; 2) по увеличению показаний σэф на кривой индукционного метода; 3) по увеличению показаний нейтронного гамма-метода или метода плотности тепловых нейтронов; 4) по превышению показаний НГМ или ННМ-Т большого зонда по сравнению с малым зондом; 5) по наличию приращений на кривых НГМ, зарегистрированных в разное время зондом одной длины.

Газонефтяной контакт в обсаженных и необсаженных скважинах может быть определен следующими способами: 1) по наличию положительных



Определение положения ВНК по данным нейтронного гамма-метода (НГМ) и метода наведенной активности (МНА) по хлору (по С. А. Султанову), /— водоносный песчаник; *2* — нефтеносный песчаник; *3* — глина

Нейтронные методы базируются на изучении плотности (интенсивности) тепловых нейтронов и вторичного гамма-излучения. Плотность тепловых нейтронов (Int, имп/мин) обусловлена потерей первоначальной энергии, благодаря столкновению с ядрами легких элементов, главным образом с ядрами водорода. В связи с этим, чем больше в среде водорода, тем ниже плотность нейтронов и ниже показания нейтронного каротажа. Вторичное гамма-излучение (Inγ, имп/мин) обусловлено выделением энергии при радиационном захвате нейтронов ядрами других элементов. Наибольшая интенсивность гамма-излучения характерна для хлора, наименьшая – для водорода. Это различие в излучаемой энергии позволяет установить водонефтяной контакт по данным нейтронного каротажа: показания НГК против водоносной части пласта завышены, по сравнению с показаниями против нефтеносной его части. Таким образом, интенсивность счета нейтронов в общем случае (In, имп/мин) определяется функцией распространения нейтронов тепловых энергий в изучаемой среде и средним числом гамма-квантов, испускаемых при захвате нейтронов в этой среде