

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕРВАЛОВ – КОЛЛЕКТОРОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ В РАЗРЕЗЕ СКВ. 20009 РАЗЛИЧНЫМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Одной из важнейших задач, стоящих перед скважиной 20009, является обнаружение в разрезе кристаллического фундамента (КФ) аномальных зон различных типов, в частности, зон коллекторов, зон повышенной проницаемости и зон миграции углеводородных флюидов, термоаномалий, зон повышенных концентраций рудных и радиоактивных элементов (в частности, магнетита, сульфидов, урана, тория и др.). Для решения этой задачи в ходе бурения и исследования скважины использовано более двадцати основных методов ГИС, проведены многочисленные специальные геотехнологические, гидрогеологические и геохимические исследования.

В качестве дополнительных методов с целью выделения зон коллекторов на скважине периодически проводились высокоточная термометрия (разработка метода КГУ), исследование шлама ядерно – физическими методами с целью изучения характера распределения в разрезе урана, алюминия и других элементов (разработка ТО СНИИГГиМС), а также изучение докембрийского комплекса геоакустическим шумомером (разработка Института геофизики УрО РАН).

Целью данной статьи является сопоставление зон – коллекторов, выделенных на основании различных видов исследований, в частности, ГИС и высокоточной термометрии. Данный анализ необходим, в первую очередь, для разработки оптимального комплекса ГИС, применяемого в КФ. Кроме того, необходимо более детальное изучение геологической природы выявленных температурных аномалий, поскольку они могут отождествляться не только с потенциальными коллекторами, но и указывать косвенно на другие геолого – геохимические процессы, происходящие в толще пород КФ.

В разрезе пород КФ, вскрытых скв. 20009 – Ново-Елховской (интервал 1850 – 5809 м), выделение зон – коллекторов в первую очередь проводилось по комплексу ГИС (Альметьевское управление геофизических работ, Хайретдинов Р.Ш.). В результате интерпретации к настоящему моменту в разрезе КФ выделен 61 интервал потенциальных коллекторов. В характеристике особое внимание уделено определению трещиноватости пород, наличию в них магнетита, шунгита, графита, а также положению интервала коллектора относительно границ петрографических разностей, т.е. на смену пород (смену пачек и толщ).

В ходе анализа установлено, что 30 интервалов из выделенных 61, (т.е. 50 %) характеризуются явной, четко выраженной трещиноватостью, которая определялась по керну, шламу, каверномеру, а 18 интервалов из 61, выделенного по ГИС (т.е. 29,5 %), приходятся на границу петрографических разностей:

1969 – 1979 м	3117 – 3180 м	4973 – 4988 м	5430 – 5480 м
2334 – 2340 м	3183 – 3186 м	5088,4 – 5098 м	5527 – 5616 м
2340 – 2445 м	4383 – 4415 м	5195,6 – 5202,4 м	5747 – 5778 м
2792 – 2830 м	4640 – 4650 м	5283 – 5330 м	
2861 – 2880 м	4857 – 4896 м	5386 – 5422 м	

Что касается связи разуплотнения пород и повышенного содержания в них магнетита, то такое сопоставление также было проведено. Ниже приведены магнетит-содержащие интервалы, выделенные в разрезе КФ по описанию каменного материала (керна, шлам) и магнитометрическим исследованиям:

- | | | |
|------------------|------------------|-------------------|
| 1) 2027 – 2060 м | 5) 3658 – 3689 м | 9) 5406 – 5413 м |
| 2) 2329 – 2336 м | 6) 3961 – 4038 м | 10) 5721 – 5726 м |
| 3) 2394 – 2454 м | 7) 4381 – 4440 м | 11) 5749 – 5773 м |
| 4) 2738 – 2760 м | 8) 4614 – 4628 м | |

Из этих 11 интервалов 9 приходятся на интервалы, выделенные по ГИС, т.е. практически с ними совпадают:

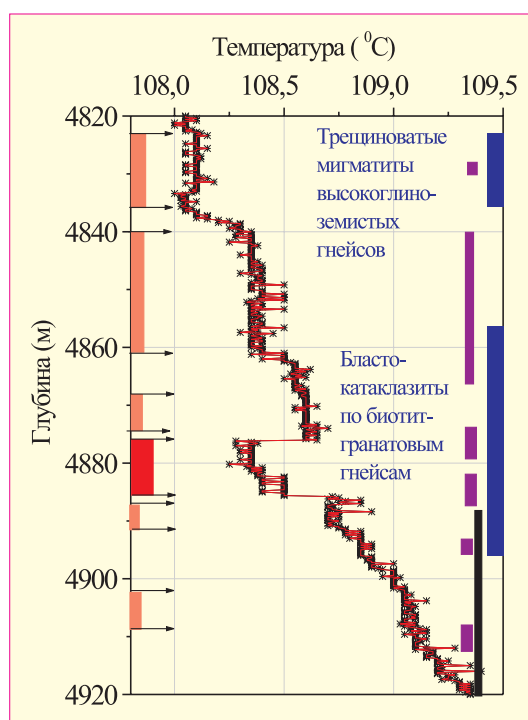


Рис. 1. Сопоставление термоаномалий с интервалами коллекторов, выделенных по ГИС (синие), участками повышенной газонасыщенности (фиолетовые) и повышенным содержанием урана (черный) - справа. На термограмме скв. Ново-Елховская 20009 (Христофорова и др., 1999) в интервале глубин 4876 - 4885,4 м выделена (красным) отрицательная температурная аномалия 1-го типа. Изменение температуры обусловлено перераспределением тепла из-за сильного поглощения скважинного флюида в проницаемый горизонт. Коричневым цветом (слева) выделены небольшие аномальные зоны 9-го типа.

Интервалы:	
выделенные по ГИС	Содержащие магнетит (по керну и шламу)
2334 – 2340 м,	2329 – 2336 м
2340 – 2445 м,	
2741 – 2747 м,	2738 – 2760 м
3686 – 3689 м,	3658 – 3689 м
3987 – 3992 м,	3961 – 4038 м
4383 – 4415 м,	4381 – 4440 м
5386 – 5422 м,	5406 – 5413 м
5717 – 5730 м,	5721 – 5726 м
5747 – 5778 м	5749 – 5773 м

Среди интервалов, выделенных по ГИС, в данном случае подчеркнута 5, которые являются трещиноватыми (по керну, шламу, каверномеру). Из них наибольший интерес представляют три интервала: 4383 – 4415 м, 5386 – 5422 м, 5747 – 5778 м. Они располагаются на больших глубинах и одновременно являются и магнетитсодержащими, и трещиноватыми, и приурочены к границе петрографических разностей. Все они находятся в зонах милонитизации, катаклаза, породообразующие минералы в них интенсивно замещены вторичными. Породы интервала 4383 – 4415 м сложены биотитовыми амфиболитами, послонно обогащенными магнетитом, мигматизированными гнейсами биотит амфиболовыми отрядненской серии. Породы интервала 5386 – 5422 м представлены высокоглиноземистыми графитизированными гнейсами большечеремшанской серии. Породы интервала 5747 – 5778 м сложены высокоглиноземистыми гнейсами и мигматитами по ним, интенсивно насыщенными магнетитом, сульфидами. Породы также принадлежат большечеремшанской серии. В двух случаях, в инт. 3987 – 3992 м, 5000 – 5005 м, выделенных по ГИС, в шламе обнаружен шунгит.

Таким образом, степень совпадения магнетитсодержащих интервалов с потенциальными зонами коллекторов составила 82 %. Этому факту может быть дано двоякое объяснение. С одной стороны, наличие магнетита в породе может приводить к выделению ложных коллекторов на диаграммах ГИС, поскольку, в первую очередь, снижает показания КС и НГК. С другой стороны, наличие зерен магнетита зафиксировано в углеводородной битумоподобной массе, извлеченной из пород КФ с глубины 6000 м в Сильянской скважине. Таким образом, магнетит может быть сопутствующим элементом в мигрирующих УВ – системах и являться индикатором наличия путей миграции, а следовательно, и зон – коллекторов.

Следующим важным звеном в анализе зон – коллекторов по разрезу скважины явилось изучение распределения в породах графита. Он встречается в нижней части разреза ниже глубины 4570 м. В интервале 4577 – 5809 м по данным ГИС выделено 34 интервала – коллектора, из которых половина (17) являются графитсодержащими. К числу этих 17 принадлежат и рассмотренные выше зоны на глубинах 5386 – 5422, 5747 – 5778 м. Кроме того, из 17 интервалов с повышенным содержанием графита чуть больше половины (9) являются трещиноватыми, а 5 соответствуют границе петрографических разностей.

Кроме комплекса ГИС, проводимого под руководством АУГР, на скважине периодически осуществлялись промысловые температурные исследования, выполненные под руководством Н.Н. Христофоровой (КГУ) совме-

стно с АУГР. По мнению авторов методики, проведенные исследования позволяют в определенной степени изучить процессы тепломассопереноса в докембрийском комплексе и решить задачу выявления проницаемых зон на больших глубинах. В частности, в разрезе скважины зоны, характеризующиеся аномальными значениями термоградиента, были идентифицированы с зонами разуплотнения и повышенной проницаемости пород.

Всего по результатам промысловых температурных исследований по методу высокоточной термометрии в интервале 1804 – 5365 м выделено 62 основных температурных аномалии с различной температурно – градиентной характеристикой. Их классификация позволила авторам исследований выделить 9 типов аномальных зон, имеющих различную форму (Христофорова и др., 1999).

1 тип. Отрицательные аномалии (аномалии поглощения) с резкими границами и амплитудой по Т до 0,5 °С. Они наиболее ярко выделяются на графиках термоградиентов.

2 тип. Отрицательные аномалии (аномалии поглощения) с распылчатыми границами и с перепадами в градиентах Т не более 7 °С/100 м.

3 тип. Положительные аномалии, предположительно газовые, с резким скачком температуры на верхней границе и с амплитудой до 1 °С.

4 тип. Положительные аномалии, также предположительно газовые, самые крупные по амплитуде, достигающей 1,5 °С, но имеющие плавную верхнюю границу.

5 тип. Переменно – знаковые аномалии, сочетающие в себе положительные и отрицательные, мощностью до 100 м и с амплитудой до 1°С. Предположительно имеют комплексную природу и связываются с проницаемостью пород, с газонасыщенностью за счет миграции с больших глубин, с движением флюида по пласту.

6 тип. Переменно-знаковые малой мощности и амплитуды.

7 тип. Множество средней величины положительных и отрицательных аномалий на фоне нарушенной по Т зоны. Связывается с неоднородностью проницаемой толщи.

8 тип. Аномалии положительные, небольшие, до 0,3 °С, но протяженные.

9 тип. Зоны с термоградиентом, близким к нулевому, предположительно слабопроницаемые.

Аномалии 1 и 2 типов, а также смешанные 1– 2 типа, охарактеризованные как отрицательные аномалии поглощения, встречаются часто (23 случая из 62, т.е. 37 %) и представляют наибольший интерес, так как это зоны явно повышенной проницаемости, в которых происходит поглощение охлаждающего флюида или движение флюида по пласту.

Аномалии 3 типа, 4 типа положительные, газовые, встречаются 6 раз по всему разрезу. Аномалии свидетельствуют о наличии разуплотненной зоны и достаточно сильной ее прогремости.

Аномалии 5, 6, 7, 8 типов переменногознаковые, по всему исследованному интервалу встречаются 8 раз.

Аномалии 9 типа зафиксированы в 14-ти случаях (23 %) и встречаются на всех исследованных глубинах.

Из анализа данных следует, что из 62 интервалов, выделенных в качестве основных температурных аномалий, лишь 34, т.е. 55 %, характеризуются наличием трещиноватости (по керну и шламу). Из них (трещиноватых) 13 представляют собой отрицательные аномалии (поглоще-

ния), 10 – положительные (предположительно газовые) и 10 интервалов имеют термоградиент, близкий к нулевому (предположительно слабо проницаемые). Один интервал является переменным – знаковым. То есть, среди термоаномалий, приуроченных к трещиноватым участкам разреза, 76 % интервалов являются либо поглощающими, либо положительными, а именно, зонами – коллекторами.

Кроме этого, примерно одна треть (20 интервалов из 62) термоаномалий приходится на границу петрографических разностей, причем 9 из них (45 %) являются отрицательными аномалиями поглощения:

2425,8 – 2435 м 2677 – 2715 м 4612 – 4628 м
2451 – 2458 м 4537 – 4563 м 4988 – 4989 м
2478 – 2490 м 4563 – 4575 м 5026 – 5029 м

Как было упомянуто выше, при анализе коллекторов, выделенных по ГИС, также примерно одна треть (18 из 61) приходится на границу петрографических разностей. Таким образом, независимо от вида идентификации зон коллекторов, одна треть от их общего числа соответствует тому месту в разрезе скважины, где происходит смена вещественного состава пород.

Данный факт может быть объяснен как минимум с двух позиций. С одной стороны, изменение вещественного состава пород является следствием проявления многогранных и многоступенчатых глубинных процессов, которые наиболее интенсивно будут протекать в разуплотненной среде, т.е. там, где перемещение жидких и газобразных фаз, а также теплового потока будет наименее затруднено. Поэтому зоны трещиноватости и дезинтеграции, сопровождающие, к примеру, участок мигматизированных разностей, являются в какой – то степени унаследованными и обновленными (активизированными) уже в постдокембрийское время. С другой стороны, наличие смены вещественного состава на границе слоев, пачек, толщ и т.д. обуславливает развитие в данном месте повышенной трещиноватости пород за счет их различных физико – механических свойств. Поскольку, ввиду различной пластичности пород, их реакция на сбросово-, взбросово-сдвиговые деформации, растяжение, сжатие и т.д. также различна, то это может явиться еще одной из причин образования трещиноватости.

Таким образом, наличие смены вещественного состава пород уже само по себе является косвенной предпосылкой для выявления в данном участке разреза зоны – коллектора. Примечательно, что почти половину термоаномалий, приходящихся на границу петрографических разностей, составляют аномалии поглощения, т.е. явные коллектора. Остальные 11 распределяются следующим образом: шесть имеют переменный – знаковый тип; пять – характеризуются градиентом, близким к нулевому. Ни одной положительной аномалии (т.е. 3-го и 4-го типа, определяемые Н.Н. Христофоровой как газовые) не приходится на границу петрографических разностей. Кроме этого, 13 из данных 20-ти аномалий соответствуют трещиноватым участкам разреза и приходятся на границу петрографических разностей:

1934 – 1943 м 4340 – 4360 м 4612 – 4628 м
2478 – 2490 м 4379 – 4402 м 4988 – 4989 м
2820 – 2850 м 4424 – 4442 м 5027 – 5045 м
3974 – 3986 м 4590 – 4654 м 5270 – 5297 м
5308 – 5319 м

Заслуживает внимания тот факт, что ни одна положительная (“газовая”) термоаномалия 3-го и 4-го типов границе петрографических разностей не соответствует. В настоящее время мы пока не имеем рабочих версий, позволяющих это объяснить. Можно лишь предположить, что к границам петрографических разностей приурочен особый тип коллекторов, который на термограммах фиксируется как аномалия поглощения. К примеру, это могут быть коллектора реологического типа или зоны декомпрессии (выделяемые В.Г. Изотовым и Л.М. Ситдиковой).

Следующим интересным моментом является сопоставление температурных аномалий с распределением магнетита по разрезу. Как указывалось выше, 82 % магнитосодержащих интервалов являются зонами – коллекторами, идентифицированных по ГИС. Что касается интервалов температурных аномалий, то магнетит содержит 10 из 62. Эти интервалы приведены в таблице 1. Таким образом, практически все интервалы (82 %), в которых присутствует магнетит (за исключением интервалов 2027 – 2060 м, 2738 – 2760 м), в той или иной степени совпадают с интервалами термоаномалий.

Следует отметить, что магнетитосодержащий интервал 4381 – 4440 м (см. выше) почти в точности соответствует трем температурным аномалиям 7-го типа, которые заключены в один общий интервал 4379 – 4442 м. Что касается характера соответствия одних интервалов другим, то четкой закономерности здесь не видно. На лицо самые разнообразные варианты: термоаномалии перекрывают интервалы магнитосодержащих пород и наоборот, иногда отмечается полное, или частичное совпадение (интервалы имеют общих всего несколько метров).

Из 10-ти вышеназванных термоаномалий с повышенным содержанием магнетита 5 приходится на границу петрографических разностей: 2425,8 – 2435 м, 2451 – 2458 м, 3974 – 3986 м, 4379 – 4402 м, 4612 – 4628 м.

№	Интервал	Тип аномалии	№	Интервал	Тип аномалии
1	2335 – 2344	2 “–”	6	4029 – 4034	1 “–”
2	2425,8 – 2435	1 “–”	7	4379 – 4402	7 “+”
3	2451 – 2458	2 “–”	8	4402 – 4424	7 “+”
4	3639 – 3670	4 “+”	9	4424 – 4442	7 “+”
5	3974 – 3986	9	10	4612 – 4628	2 “–”

Табл. 1. Температурные аномалии, выделенные в разрезе скв. 20009 и содержащие магнетит.

Трещиноватость отмечена также в 5-ти интервалах: 3974 – 3986 м, 4029 – 4034 м, 4379 – 4402 м, 4402 – 4424 м, 4424 – 4442 м. Отсюда видно, что два магнитосодержащих интервала с температурными аномалиями 3974 – 3986 м и 4379 – 4402 м являются и трещиноватыми, и приходятся на границу петрографических разностей. Кроме того, они соответствуют зонам – коллекторам, выделенным по комплексу ГИС. Также из упомянутых 10-ти интервалов термоаномалий 5 являются отрицательными аномалиями поглощения, 4 – положительными, интервал 3974 – 3986 м характеризуется термоградиентом, близким к нулевому. Все это позволяет в первую очередь отметить, что в качестве перспективного объекта интервал 4379 – 4402 м.

Следующим параметром, который был нами сопоставлен с температурными аномалиями, является графит. Следует отметить, что его наличие приурочено только к

Интервалы коллекторов (по ГИС)	Интервалы коллекторов, выделенных по высокоточной термометрии	Тип и знак температурной аномалии	Характеристика пород
2334 – 2340	2335 – 2344	2 –	Мигматиты биотит-гранатовых (иногда с ВГМ) плагиогнейсов.
2792 – 2830	2805 – 2820	4 +	Гранат-силлиманит-биотитовые плагиогнейсы.
3117 – 3180	3121 – 3129	1 – 2 –	Мигматиты микропертитовых гранитов и гранат-биотитовых гнейсов.
4289 – 4304	4290 – 4298	2 –	Мигматиты биотит-амфиболовых гнейсов.
4313 – 4328	4312 – 4316,2	2 –	Мигматиты по гранат-биотит-амфиболовым плагиогнейсам.
4354 – 4368 4383 – 4415	4340 – 4442	7 + –	Трециноватые, участками катаклазированные мигматиты гранат-биотитовых, гранат-биотит-амфиболовых гнейсов. Брекчированный диафорит. Габбро. Амфиболит. Магнетитсодержащая порода.
4543 – 4553	4537 – 4563	2 –	Плагиограниты, биотит-кордиерит-гранатовые плагиогнейсы.
4577 – 4605 4640 – 4650	4590 – 4654	9	Контакт перидотитовых даек с высокоглиноземистыми гнейсами. Породы трециноватые.
4823 – 4835	4820 – 4836	9	Трециноватые мигматиты высокоглиноземистых гнейсов.
4857 – 4896	4876 – 4885,4	1 –	Бластокатаклазиты по биотит-гранатовым гнейсам.
4945 – 4956 4960 – 4973 4976 – 4988 5000 – 5005 5026 – 5029,2	4940 – 5045	5 + –	Трециноватые высокоглиноземистые гнейсы.
5088,4 – 5098	5093,8 – 5114	3 +	Мигматизированные высокоглиноземистые кристаллосланцы и гнейсы с графитом, участками милонитизированные, трециноватые.
5274,4 – 5276,4 5282 – 5283 5326 – 5330	5270 – 5330	5 + –	Гидротермально измененная рыхлая порода, хлорит-серицитовые сланцы, возможно дайки основных пород. Породы трециноватые, графитизированные.

Табл. 2. Сквжина 20009 – Ново-Елховская. Сопоставление интервалов-коллекторов, выделенных по ГИС и методом высокоточной термометрии в интервале 1807 – 5365 метров.

породам большечеремшанской серии, в которых он присутствует постоянно, однако с глубины 4570 м и до забоя его количество значительно возрастает, становится визуально различимым (в частности, при макроописании шлама и керна). В связи с этим, для анализа термоаномалий был выбран интервал 4570 – 5365 м. Нижняя граница интервала в данном случае взята по нижней границе выполненным промысловых температурных исследований. Всего в данном интервале выделено 18 термоаномалий, среди которых 6 (или 33 %) являются графитсодержащими:

4563 – 4575 м 5270 – 5292 м
5093,8 – 5114 м 5292 – 5304 м
5145 – 5158 м 5304 – 5315 м

Из них 4 интервала (они подчеркнуты) имеют повышенную трециноватость, а 3 интервала: 4563 – 4575 м, 5270 – 5292 м, 5304 – 5315 м, лежат на границе петрографических разностей. Что касается типа аномалий, то они в интервалах с повышенным содержанием графита могут быть как положительными, так и отрицательными аномалиями поглощения. В частности, интервал 3639 – 3670 м, выделенный как положительная аномалия 4-го типа и представленный плагиогранитами с пироксеном

и магнетитом, полностью совпадает с участком сужения ствола скважины (по каверномеру), которое, возможно, возникло из – за глинистой корки.

Итак, сопоставляя между собой и анализируя 62 интервала потенциальных коллекторов, выделенных по данным промысловых термометрических исследований (метод высокоточной термометрии, разработанный в КГУ) и 47 интервалов потенциальных коллекторов, выделенных по данным ГИС в разрезе КФ до глубины 5330 м, можно констатировать следующее: 13 температурных аномалий (из 62-х) совпали с 21-й зоной коллекторов (из 47-ми), идентифицированных по комплексу ГИС. Эти интервалы приведены в таблице 2.

Из этих 13-ти совпавших интервалов термоаномалий 7 являются трециноватыми и приурочены к концу разреза. Два интервала, 2335 – 2344 м и 4340 – 4442 м, содержат магнетит. Следующие пять попадают на границу петрографических разностей: 4340 – 4242 м, 4537 – 4563 м, 4590 – 4654 м, 4940 – 5045 м, 5270 – 5330 м, и частично являются трециноватыми. Как следует из таблицы 2, из числа совпавших термоаномалий 6 являются отрицательными аномалиями поглощения (1-й или 2-й тип), 2 – положительными (3-й и 4-й типы), 2 – переменногознаковые (5 – й тип) и три оставшиеся термоаномалии (7-го и 9-го типов) представляют собой (по предположению автора методики) неоднородные и слабопроницаемые участки разреза. Таким образом, наибольшее число совпадений вновь отмечено для отрицательных термоаномалий. По-видимому, они соответствуют тем типам коллекторов, которые однозначно фиксируются методами ГИС.

Следует также отметить, что и термоаномалии 5-го типа (переменнознаковые), а их в разрезе КФ выделено всего 2, практически совпадают с зонами коллекторов по ГИС (см. табл. 2). Кроме того, говоря о сходимости результатов, необходимо отметить, что она наблюдается преимущественно ниже глубины 4200 м. Выше по разрезу сходимость значительно ниже. На наш взгляд, это в первую очередь объясняется тем, что наиболее четко выраженные потенциальные коллектора фиксируются в разрезе скважины ниже глубины 4000 м, поэтому они с наибольшей долей уверенности выделяются различными геофизическими методами, независимо от применяемой методики измерений.

Гх сум, % об.	Интервалы и глубины повышенных газопозказаний	Интервалы температурных аномалий	Тип и знак аномалии
0,004 – 0,015	2075 – 2094	2078 – 2100	9
0,004 – 0,008	2105 – 2108	2104 – 2112	9
0,005	2622 – 2623		
0,005	2638		
0,005	2692	2677 – 2715	1 – , 2 –
0,005	2749		
0,005	2766 – 2767		
0,005 – 0,013	4613 – 4618		
0,005 – 0,023	4628 – 4631	4590 – 4654	9
0,005 – 0,01	4677 – 4679	4654 – 4707	4 +
0,005 – 0,015	4694 – 4700		
0,005 – 0,01	4722 – 4724		
0,005 – 0,008	4757 – 4758		
0,005 – 0,006	4772 – 4773	4768 – 4820	2 –
0,005 – >0,01	4809 – 4815		
0,005 – >0,01	4828 – 4830	4820 – 4836	9
0,005 – >0,01	4840 – 4867		
0,005 – >0,01	4874 – 4879		
0,005 – >0,01	4881 – 4888	4876 – 4885,4	1 –
0,005 – 0,01	4894 – 4896		
0,005 – 0,01	4908 – 4912		
0,005 – 0,01	4916 – 4922		
0,005 – 0,006	4926 – 4927		
0,005 – 0,008	4935 – 4937		
0,005 – 0,008	4937 – 4940		
0,005 – 0,008	4941 – 4944		
0,005 – 0,008	4976 – 4978	4940 – 5045	5 + –
0,005	5168		
0,005	5182 – 5184		
0,005 – 0,04	5215 – 5220		
>0,005	5280 – 5809	5270 – 5330	5 + –

Табл. 3. Скв. 20009 – Ново-Елховская. Сопоставление интервалов повышенных газопозказаний и температурных аномалий. Примечание: Ниже глубины 5280 м весь интервал вскрытой части разреза КФ характеризуется значительными превышениями газопозказаний над фоновыми.

Что касается вышележащих 2000 м разреза кристаллических пород, то здесь (до гл. 4000 м) выделен 31 интервал термоаномалий, но лишь 3 из них (менее 10 %) совпали с интервалами по ГИС. Безусловно, данные статистические подсчеты еще раз доказывают, что применительно к КФ пока еще нет ни одного метода или комплекса методов, позволяющих абсолютно и однозначно выделять в разрезе зоны коллекторов. Поэтому, на наш взгляд, однозначная идентификация температурных аномалий только с коллекторами не является объективной. Мы не исключаем тот факт, что на температурное поле могут влиять такие факторы, как тектонически напряженное со-

стояние среды, а также современные геодинамические процессы, указывающие на динамическую расслоенность КФ, установленную по данным исследования геоакустических шумов, проведенного в 1996 г. А.К. Трояновым.

Теперь что касается газонасыщенности, на которую указывает знак аномалий. Мы сопоставили интервалы термоаномалий с участками повышенной газонасыщенности бурового раствора, зафиксированными станцией ГТИ в процессе бурения, а также с данными ОПК. При этом внимание, в первую очередь, уделялось аномалиям 3, 4 и 5-го типов, поскольку первые две автором методики названы предположительно газовыми, а последняя имеет комплексную природу, но также связана с глубинным газом. Таких термоаномалий в исследованном участке разреза выделено восемь:

2206 – 2214 м (4+)	4940 – 5045 (5+–)
2805 – 2820 (4+)	5093,8 – 5114 (3+)
3639 – 3670 (4+)	5145 – 5158 (3+)
4654 – 4707 (4+)	5270 – 5330 (5+–)

В таблице 3 приведено сопоставление термоаномалий с участками повышенной газонасыщенности (УВ – газами) глинистого раствора в процессе бурения.

Необходимо сразу уточнить, что в таблицу включены значения газопозказаний, взятые нами непосредственно с диаграмм ГТИ без учета СПО (спуско-подъемные операции). Не исключено, что истинные значения показаний в данном случае будут несколько завышены, однако на характер сопоставления это не повлияет. Как следует из анализа таблицы, повышенные газопозказание зафиксированы только в интервалах 3-х термоаномалий упомянутого типа: 4654 – 4707, 4940 – 5045, 5270 – 5330 м.

Однако следует отметить, что в интервале 5006 – 5220 м отмечается повышение фоновых значений газопозказаний ПЖ до 0,008 % против 0,001 – 0,0015 %, что отчасти может быть сопоставлено с термоаномалиями ниже глубины 5093,8 м, однако на этом фоне выделяются участки более повышенных газопозказаний, но они не соответствуют положительным термоаномалиям.

Не исключено, что попытка корреляции положительных термоаномалий только с УВ – газами не вполне корректна, поскольку в качестве горячих глубинных газов, определяющих формирование аномалии, могут выступать глубинный азот, водород, гелий, аргон, углекислый газ (два последних станцией ГТИ не фиксируются). Так, появление гелия в количестве 0 – 0,005 % отмечено, к примеру, в интервале 4537 – 4563 м. Также гелий зафиксирован на глубинах 4585 – 4591 (до 0,002 %), 4627 – 4632 м (до 0,0025 %) и в нижней части разреза, не охваченной высокоточной термометрией.

Что касается содержания водорода, его повышенные и высокие значения отмечены в следующих интервалах: 3840 – 3880, 3986 – 4023, 4140 – 4200, 4800 – 4840, 5150 – 5881 м. Первые пять из предположительно газовых аномалий (2206 – 2214, 2805 – 2820, 3639 – 3670, 4654 – 4707, 4940 – 5045 м) не входят в эти интервалы. Однако, в верхней части интервала 4940 – 5045 м зафиксированы повышенные значения H_2 . Три положительных термоаномалии (5093,8 – 5114; 5145 – 5158; 5270 – 5330 м) характеризуются высокими значениями водорода (до 10 – 18 %). В данном случае появление последних 3-х аномалий можно идентифицировать с проявлением водорода.

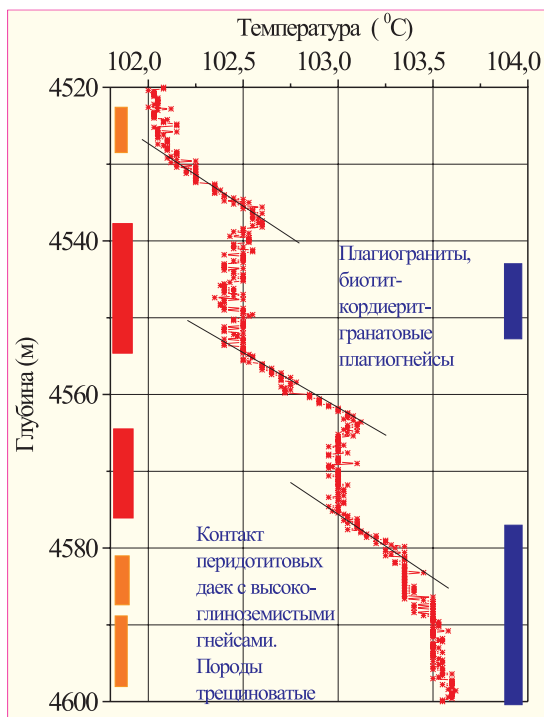


Рис 2. Сопоставление термоаномалий с интервалами коллекторов, выделенных по ГИС (синим). На термограмме скв. Ново-Елховская 20009 (Христофорова и др., 1999) выделены поглощающие температурные аномалии 2-го типа (красным) и 9-го типа (коричневым).

Что касается содержания азота, то он в составе водорастворимых газов архей – протерозоя является основным компонентом. Азот появляется ниже глубины 3215 м и стабильно отмечен в интервале: 3200 – 3300, 3500 – 5000 м – в количестве до 10 % об., а на глубине 4880 – до 50 % об. Далее ниже по разрезу на глубине 5100 – 5600 м содержание азота увеличивается до 30 %, даже до 75 % об. И в самых нижних частях разреза КФ в интервале 5770 – 5810 м достигает 50 % об.

Итак, в шести температурных аномалиях, охарактеризованных как “газовые” (3639 – 3670 м, 5093,8 – 5114, 4654 – 4007, 5145 – 5158, 4940 – 5045, 5270 – 5330) зафиксировано повышенное и высокое содержание азота.

Еще одним параметром, с которым были сопоставлены термоаномалии, явился уран. С одной стороны, многолетними исследованиями установлено, что породы – коллекторы продуктивных пластов характеризуются аномально низким содержанием урана. В то же время нефти и битумы продуктивных пластов содержат повышенные концентрации этого металла. Кроме того, в битумосодержащих породах обычно в повышенных количествах фиксируются РЗЭ и другие микроэлементы.

Сопоставление, к примеру, максимальных температурных и урановых аномалий выявило весьма четко выраженную закономерность. С повышенным содержанием урана (табл. 4) совпали преимущественно аномалии двух типов: 3-го и 5-го. По-видимому, этот факт указывает на то, что природа аномалий может быть связана не только с разуплотнением пород. Вероятно, она связана и с другими геолого-геохимическими причинами, которые могут быть установлены при тщательном изучении целого комплекса геолого-геофизической информации.

Таким образом, анализируя вышеизложенное, можно

отметить, что абсолютного совпадения результатов выделения потенциальных коллекторов в разрезе КФ различными методами не наблюдается, хотя отмечено значительное совпадение интервалов. Это свидетельствует о том, что породы кристаллического фундамента являются достаточно сложным геологическим объектом, который требует дальнейшего серьезного изучения с использованием нетрадиционных подходов и методик.

В частности, петрофизические, физико-химические, коллекторские свойства пород фундамента резко изменяются как по разрезу скважин, так и по площади, причем каждый из них индивидуален в разных скважинах ввиду различного характера и степени наложенных вторичных изменений. Структура пустотного пространства определяется преобладанием тех или иных процессов образования и преобразования коллектора. Поэтому при выделении коллекторов каждый из вскрытых разрезов требует индивидуального подхода.

В любом случае для более точной интерпретации результатов ГИС необходима точечная привязка полученных геофизических параметров непосредственно к каменному материалу. При этом можно обойтись без использования керна, привязка к каротажу которого не всегда бывает точной.

Точечную привязку каменного материала к результатам ГИС, а также отбраковку ложных коллекторов можно проводить при использовании грунтов, отбор которых боковым грунтоносом в разрезе кристаллических пород впервые был осуществлен в скважине № 678 в 2001 году и обеспечил точную петрографическую иллюстрацию геофизических параметров.

Таким образом, есть новые и практические, и методические основы для комплексного изучения информативности различных методов ГИС применительно к разрезу кристаллического фундамента и выделению в нем потенциальных зон-коллекторов и покрышек.

Автор выражает благодарность сотрудницам тематической партии ТПУ ОАО “Татнефть” Святкиной Т.А. и Тачаевой Е.В. за помощь в сборе материала для подготовки данной статьи.

Литература

Христофорова Н.Н., Христофоров А.В., Муслимов Р.Х. Разуплотненные зоны в кристаллическом фундаменте. *Георесурсы*, 1 (1). 1999. 4-15.



Ирина Николаевна
Плотникова

начальник отдела геолого-разведочных и научно-исследовательских работ на

нефть, газ и битумы Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. Кандидат геолого-минералогических наук. Область научных интересов – поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений, проблемы генезиса, миграции и аккумуляции нефти и газа, перспективы нефтегазоносности доплатформенных комплексов и больших глубин. Автор 2-х монографий и более 40 печатных работ.