

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра геофизических и геохимических методов поисков и**  
**разведки месторождений полезных ископаемых**

# **ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН**

*Методические указания к курсовой работе  
для студентов специальности 21.05.02*

**Санкт-Петербург**  
**2021**

УДК 550.8.056 (073)

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН:**  
Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский Горный  
Университет. Сост.: *Н.А. Данильева, Н.В. Большакова* СПб, 2021. 22 с.

В рекомендациях отражены указания к выполнению курсовой работы по составлению оперативного заключения по нефтегазовой скважине с использованием специализированного программного обеспечения.

Предназначены для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология», специализация «Геология нефти и газа».

Научный редактор проф. *А.Н. Телегин*

Рецензент ведущий геофизик Отдела глубинных геофизических исследований Центра глубинной геофизики ФГБУ ВСЕГЕИ, к.т.н. Ефимова Н.Н.

## ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

*Геофизические методы исследования скважин (ГМИС)* – раздел прикладной геофизики, занимающийся изучением геологического строения земной коры, поиском и разведкой месторождений полезных ископаемых на основе исследования физических полей, зафиксированных в скважинах.

*Кривая ГИС* – физический параметр геологической среды, зафиксированный в скважине в зависимости от глубины.

*Планишет данных ГИС* – совокупность нескольких кривых ГИС по одной скважине, визуализированных в специальном программном комплексе.

*LAS-файл* – файл специального формата с данными каротажа, записанными в зависимости от глубины.

*ПС (SP)* – кривая каротажа самопроизвольной поляризации.

*ГК (GR)* – кривая гамма-каротажа.

*CAL1* – кривая кавернометрии скважины.

*КС (GZ1-GZ5, PZ)* – кривые каротажа сопротивления.

*ИК (IK)* – кривая индукционного каротажа.

*ВИКИЗ (IK1-IK5)* – кривые высокочастотного индукционного каротажного изопараметрического зондирования.

*АК (DT)* – кривая акустического каротажа.

*НГК (NGL)* – кривая нейтронного-гамма каротажа.

*ННК (NTL)* – кривая нейтронного каротажа.

*ГГК-П (RHOB)* – кривая плотности по данным гамма-гамма каротажа.

*БКЗ (LLD)* – кривые бокового каротажного зондирования.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Обработка и интерпретация данных каротажа является неотъемлемой частью поисково-оценочных работ в нефтегазовой отрасли. Грамотное ведение интерпретации данных каротажа позволяет оперативно получать необходимую информацию о литологическом строении исследуемой скважины, о физических свойствах горных пород, слагающих разрез, а так же производить оценку подсчетных параметров и выделение пород-коллекторов.

Курсовая работа направлена на получение оперативного заключения по скважине, которое включает в себя следующую информацию: литологию скважины; пластовые показания кривых ГИС напротив выделенных литотипов; расчет коэффициентов пористости, глинистости; определение удельного электрического сопротивления пород и другие параметры.

В рамках подготовки курсовой работы студентам необходимо использовать специализированное программное обеспечение GINTEL2009, CurveEditor, СКАД-каротаж. Для вывода таблицы оперативного заключения используется MSExcel.

## **ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Тематика курсовой работы по дисциплине «Геофизические методы исследования скважин» предусматривает изучение скважинных данных на заданном месторождении углеводородов, основываясь на исходной информации, полученной от преподавателя или на данных, собранных в ходе прохождения студентом производственной практики.

Тема курсовой работы: «Создание оперативного заключения по скважине № X на заданном месторождении углеводородов».

Данная тема определяется для всех студентов учебной группы. Номера скважины присваиваются при получении варианта от преподавателя или на основе своих данных.

## **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Выполнение курсовой работы состоит из нескольких этапов:

1. Изучение исходных данных по скважине и месторождению.
2. Определение основных критериев выделения литологических типов горных пород.
3. Построение литологической колонки и выделение предположительных пластов-коллекторов в изучаемом интервале.
4. Определение пластовых показаний.
5. Расчет Кп, Кгл по кривым каротажа.
6. Подготовка отчетной документации.

### **Изучение исходных данных по скважине и месторождению**

После получения варианта в виде LAS-файла с данными каротажа по одной скважине студент выполняет обобщение априорной информации о выбранном месторождении, изучает фондовую и научную литературу, и на этой основе составляет физико-геологическую модель (ФГМ) скважины. Априорной

информацией по месторождению могут служить данные сейсморазведки, магниторазведки и гравиразведки, а также каротажа соседних скважин.

Студент изучает структуру LAS-файла и определяет места «пропусков» записи каротажных кривых по всему стволу и в рамках целевого интервала, делает заключение о качестве и полноте представленных материалов, и переходит ко второму этапу. Пример LAS-файла показан на рисунке 1.

```

-~Version information
VERS.                2.0: CWLS LAS - VERSION 2.0
WRAP.                NO: One line per depth step
#
#-----#
# 9      16.10.17 10:05:58
#-----#
#
#
-~Well information
# MNEM.UNIT          INFORMATION DATA TYPE
#-----#-----#
STRT.M              809.60: First depth in file
STOP.M              2386.60: Last depth in file
STEP.M              0.200: Last depth in file
NULL.M              -9999: Null values
COMP.                : COMPANY
WELL.                101: WELL
FLD.                 Амурская: FIELD
LOC.                 : LOCATION
CNTY.                 : COUNTY
STAT.                 : STATE
CTRY.                 : COUNTRY
SRVC.                 : SERVICE COMPANY
DATE.                 : LOG DATE
API.                  : API NUMBER
-~Curve information
# MNEM.UNIT          API CODE  CURVE DESCRIPTION
#-----#-----#-----#
DEPTH.M              : Depth curve
SP .mv                : Spontaneous electric potential (NTL)
GR .ur/h              : Formation Gamma ray (NTL)
CALI .m                : Borehole size (NTL)
GMZ .Ohmm             : Gradient microlog (NTL)
PMZ .Ohmm             : Potential microlog (NTL)
GZ1 .Ohmm             : BKZ A0.4M0.1N (NTL)
GZ2 .Ohmm             : BKZ A1.0M0.1N (NTL)
GZ3 .Ohmm             : BKZ A2.0M0.5N (NTL)
GZ4 .Ohmm             : BKZ A4.0M0.5N (NTL)
GZ5 .Ohmm             : BKZ A8.0M1.0N (NTL)

```

Рис. 1. Пример LAS-файла с исходными данными

## **Определение основных критериев выделения литологических типов горных пород**

После изучения априорной информации и создания ФГМ скважины можно приступить к определению критериев прослеживания различных типов горных пород на основе данных каротажа.

Для этого студент внимательно изучает каждую кривую ГИС, находит закономерности и корреляционные связи между кривыми на разных интервалах записи, если имеются данные по керну, то привлекает и их.

В результате на выходе с указанного этапа должна получиться таблица с основными литологическими типами горных пород и средними значениями кривых ГИС напротив этих типов. Пример такой записи представлен в таблице 1.

*Таблица 1*

Таблица физических свойств основных литотипов пород

<b>№ п/п</b>	<b>Порода</b>	<b>ГК, мкР/ч</b>	<b>ПС, мВ</b>	<b>КС, Омм</b>	<b>АК, мкс/м</b>	<b>Плотность, г/см<sup>3</sup></b>
1	песчаник	3,5	50	87	172	2,1
2	глины	7,8	250	32	500	2,2
3	известняк пористый	6,3	75	150	187	2,4

## **Построение литологической колонки и выделение предположительных пластов-коллекторов в изучаемом интервале**

Создав таблицу физических свойств, можно переходить к построению литологической колонки по всей скважине в масштабе 1:1000, а в целевом интервале в масштабе 1:200 м.

Литологическая колонка может быть построена в программе Gintel\_2009 или на миллиметровке, или в любом другом удобном

для студента программном комплексе (пример планшета ГИС представлен на рисунке 2).

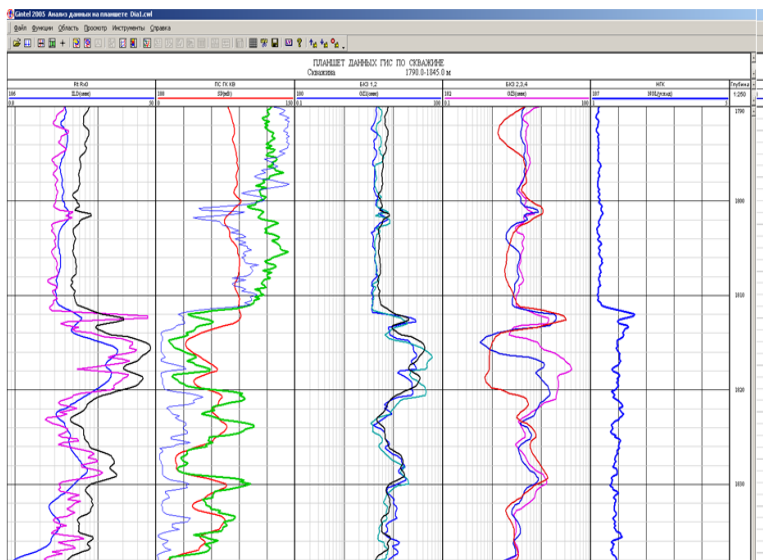


Рис. 2. Пример планшета данных ГИС по скважине в программе Gintel\_2009

Все крапы и цвета литологических комплексов выбираются в соответствии с общепринятыми требованиями по составлению литологических колонок по скважине.

Целевой интервал выбирается на основе выполненного литологического расчленения вместе с преподавателем.

Пример литологической колонки по скважине представлен на рисунке 3.

Как видно из рисунка основными требованиями к литологической колонке являются: прослеживание интервалов различных литотипов с указанием глубин залегания, мощности выделенных горизонтов, а также возраста горных пород. Литологические характеристики определяются на основе таблицы физических свойств.



ПАЛЕОЗОЙСКАЯ, РЗ										
Эрагема	Система	Отдел	Ярус	Горизонт	Мощность	Литологическая колонка	Глубина, м	Литологическая характеристика		
KZ	N+Q									
MZ	Юрская				106		100	Пески, суглинки со щебнем опок и песчаников		
					139		Глины плотные, мергелистые Пески, песчаники			
	Пермская Р	Верхний P <sub>2</sub>	P <sub>2t</sub>		153		Глины, аргиллиты с прослоями песчаников, алевролитов, известняков			
			P <sub>2kz</sub>		145		Известняки, доломиты с тонкими прослоями мергелей, ангидритов			
			P <sub>2s</sub>		18		Переслаивание гипсов и ангидритов, доломитов	500		
			P <sub>2a</sub>		60		Переслаивание доломитов и известняков			
		Верхний C <sub>3</sub>			275		Известняки участками доломитизированные, глинистые Доломиты участками окремненные, с гнездами гипса			
	Каменноугольная С	Средний C <sub>2</sub>	московский	C <sub>2m</sub>	126		Известняки с прослоями доломитов	1000		
			C <sub>2apd</sub>	C <sub>2mc</sub>	131					
			C <sub>2ks</sub>		93					
			C <sub>2vr</sub>		52	Переслаивание глин, алевролитов, песчаников, известняков				
			C <sub>2cb</sub>		48	Известняки глинистые				
			C <sub>2s</sub>		45	Известняки				
		Нижний C <sub>1</sub>				Известняки светло-серые, трещиноватые	1500			
		вигайский	C <sub>1v</sub>	окский	242					
		C <sub>1u</sub>		bb	20					
		C <sub>1k</sub>			21					
		С <sub>1d</sub> -С <sub>1ksv</sub>			284	Переслаивание аргиллита, алевролита, песчаника, песка нефтенасыщенного в интервале 1675-1699 м, алевролита, известняка				
	Девонская D	Верхний D <sub>3</sub>	D <sub>3im+</sub>			Известняки глинистые, участками отмечаются выпоты нефти	2000			
		франский D <sub>2f</sub>	C <sub>2t</sub>		98					
			D <sub>2sr</sub>			Известняки с прослоями аргиллитов, мергелей, глинистые				
			D <sub>2sm</sub>		42					
			D <sub>2p</sub>			Известняки				
			D <sub>2sr</sub>		19					
			D <sub>2p</sub>			Переслаивание алевролитов, аргиллитов				
			D <sub>2p</sub>		35					
AR						Амфиболиты, гранитогайсы				

Рис. 3. Пример литологической колонки по скважине

В рамках построений целевого интервала указываются породы – предположительные коллекторы углеводородов.

Признаками коллекторов на кривых каротажа являются:

- сужение диаметра скважины;
- минимальные значения показаний ПС;
- увеличение скорости прохождения упругой волны в терригенном коллекторе и уменьшение в карбонатном;
- пониженные показания методов ННК для кривых, снятых заинверсионным зондом, и повышенные для доинверсионных зондов.
- повышенные значения НГК;
- наличие «коридоров коллектора» на микрозондировании (показания ГЗ и ПЗ параллельны друг другу, значения ГЗ меньше значений ПЗ).

### **Определение пластовых показаний**

После выполнения построения литологической колонки можно переходить к подготовительному этапу по формированию таблицы пластовых данных. Создание пластовых данных включает в себя выполнение нескольких процедур, а именно: выделение границ пластов в программном комплексе, и автоматический подсчет пластовых данных по выбранным кривым ГИС.

На рисунке 4 приведен пример планшета данных ГИС с пикировкой границ литологических типов по скважине на основе анализа комплекса методов.

Далее выполняется определение пластовых данных с выводом полученных значений на планшет (рисунок 5).

После получения пластовых данных таблица с показаниями кровли, подошвы, мощности и показаний кривой выводится в Excel для выполнения дальнейших расчетов (таблица 2).

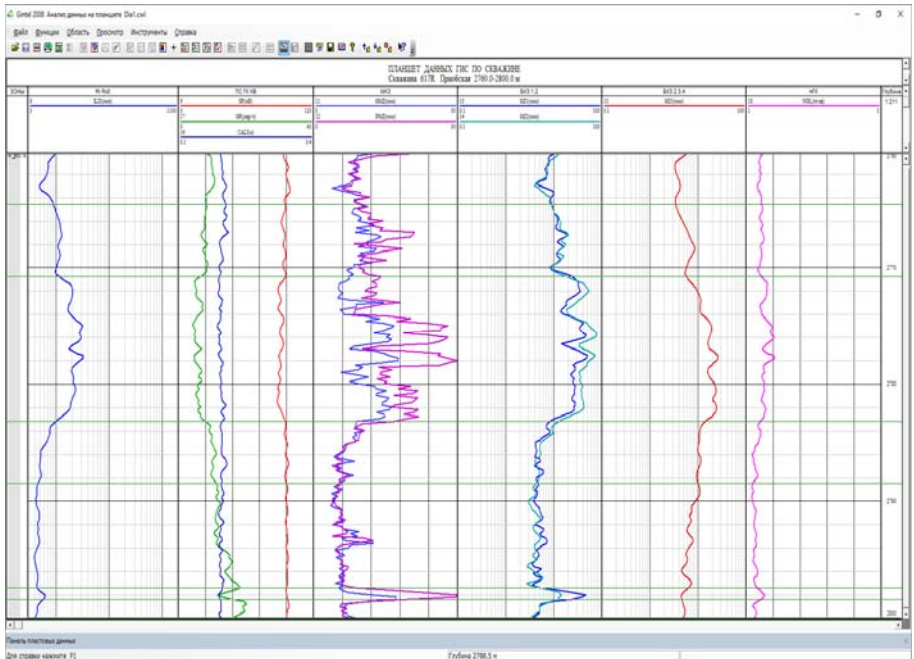


Рис. 4. Пример пикировки границ

Таблица 2

Пластовые данные по скважине

Кров., м	Под., м	Мощ., м	ПС, мВ	ГК, мкР/ч	АК, мкс/м	ННК, у.е.	БК, Омм
860	863	3	50	2,5	172	1,3	110
863	867	4	115	7,7	452	0,2	24
867	875	8	63	3,6	187	1,1	112
875	889	14	124	8,2	433	0,5	35

Данная таблица является начальной для расчета коэффициентов  $K_p$  и  $K_{гг}$ .

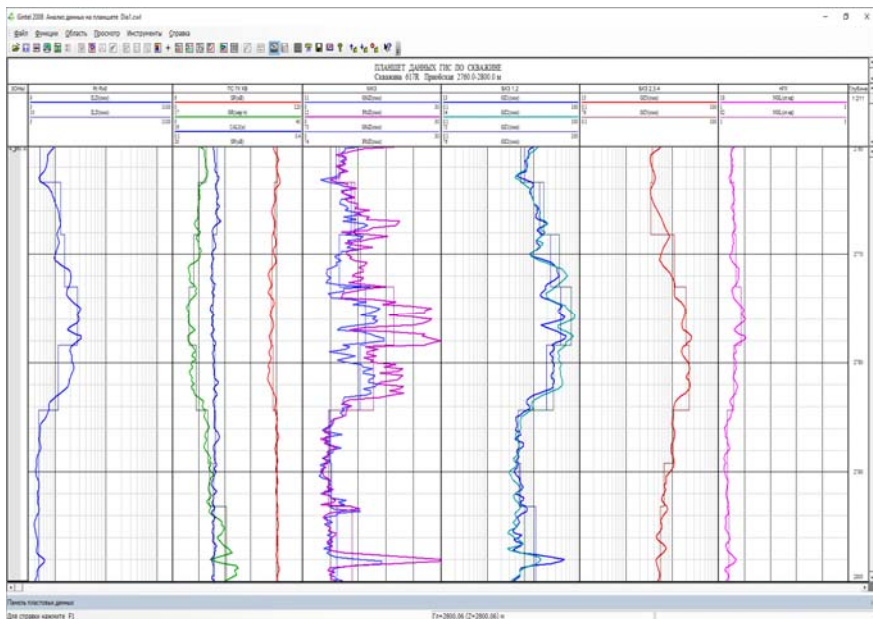


Рис. 5. Пример определения пластовых данных с отображением на планшете

### Расчет $K_p$ , $K_{gl}$ по кривым каротажа

Расчет  $K_p$  нужно выполнить несколькими разными способами и сопоставить получаемые результаты между собой. Данный коэффициент рассчитывается только для пород-коллекторов, которые были выделены по комплексу ГИС.

1. По данным ПС:

$$\alpha_{ПС} = \frac{U_{\text{ср.пласта}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}$$

2. По данным ГК:

$$\Delta J = \frac{J_{\text{пласта}} - J_{\text{min}}}{J_{\text{max}} - J_{\text{min}}}$$

3. По данным ГК и НГК для карбонатного разреза:

$$\Delta J_n = \frac{(J_{n.\text{пласта}} - k \cdot J_{\text{пласта}}) - (J_{n.\text{min}} - k \cdot J_{\text{max}})}{(J_{n.\text{max}} - kJ_{\text{min}}) - (J_{n.\text{min}} - kJ_{\text{max}})}$$

4. По данным акустического каротажа:

$$k_{\text{п}} = \frac{\Delta T_{\text{пласта}} - \Delta T_{\text{скелета}}}{\Delta T_{\text{флюида}} - \Delta T_{\text{скелета}}}$$

5. Формула Шлюмберже:

$$k_{\text{п}} = \frac{K_{\text{п}}^{\text{AK}}}{2 - \alpha_{\text{ПС}}}$$

Занести рассчитанные значения в таблицу с пластовыми данными (таблица 3), и вынести на планшет данных ГИС (рисунок 6 и 7).

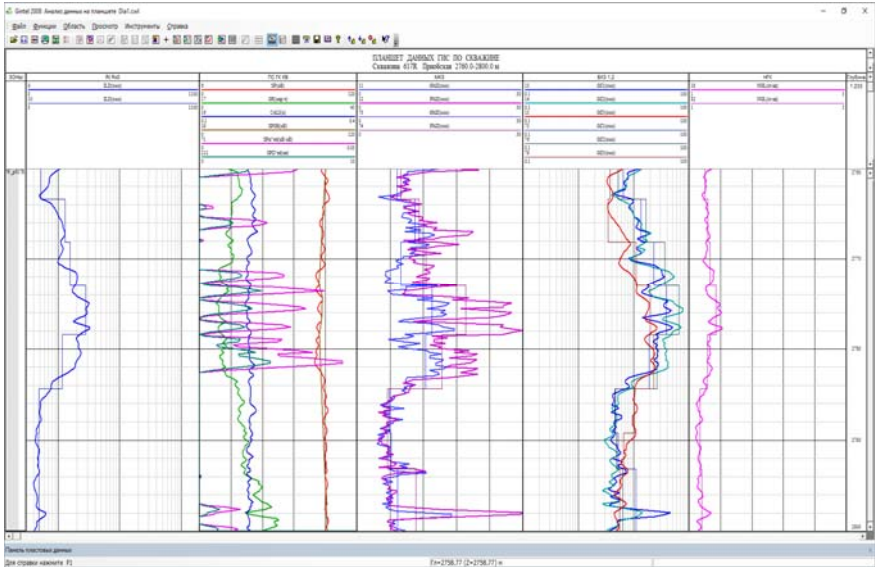


Рис. 6. Планшет данных ГИС и расчетных альфа ПС и Апс

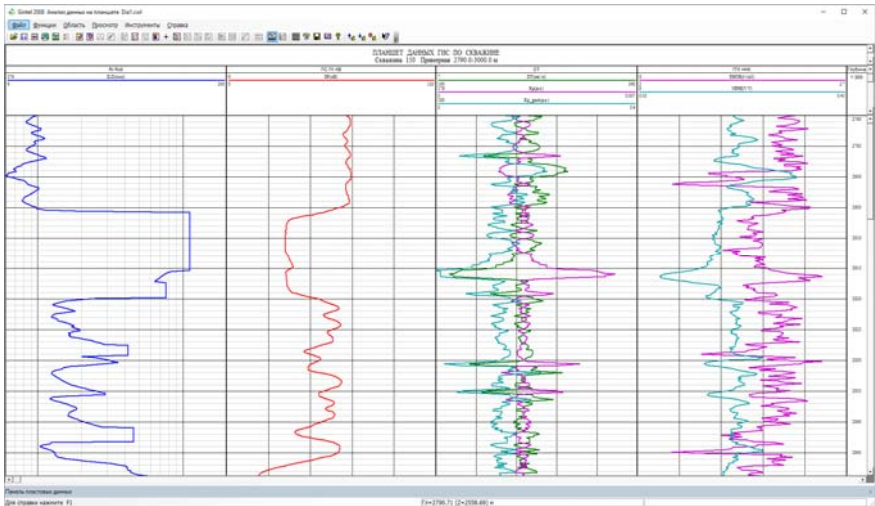


Рис. 7. Планшет данных ГИС с рассчитанными Кп по АК

Таблица 3

Таблица с пластовыми данными и РИГИС

N	Крoвл я	Подош ва	h	GR	CAL I	DT	RHO B	Кг л	Кг.л 2	Кп АК	Кп Шл
1	2519,8	2533,6	13, 8	18, 59	0,21 8	264 ,1	2,284	0,2 6	0,74	0,16	0,09
2	2533,6	2537,4	3,8	21, 24	0,21 8	274 ,6	2,272	0,5 3	0,47	0,19	0,13
3	2537,4	2542,8	5,4	22, 32	0,21 7	244 ,4	2,299	0,6 4	0,36	0,12	0,09
4	2542,8	2545,8	3	22, 66	0,21 7	301 ,3	2,178	0,6 7	0,33	0,24	0,18
5	2545,8	2550,0	4,2	20, 32	0,21 5	228 ,4	2,328	0,4 4	0,56	0,09	0,06
6	2550,0	2561,6	11, 6	20, 63	0,21 5	233 ,1	2,349	0,4 7	0,53	0,10	0,07
7	2561,6	2565,0	3,4	17, 45	0,22	261 ,4	2,226	0,1 5	0,85	0,16	0,09

### Подготовка отчетной документации

Итогом всей курсовой работы служат планшет данных ГИС с результатами интерпретации кривых и таблица оперативного заключения по скважине (таблица 4).

Эти данные должны иметь четкую корреляцию между собой и подтверждаться выводами о геологическом строении скважины.

На планшете ГИС должны в обязательном порядке быть (рисунки 8):

1. Кривые ГИС (КС, ПС, ГК, АК, НГК, ИК или ВИКИЗ, ГГК);
2. Пластовые данные (границы пластов и средние показания кривых ГИС);
3. Рассчитанные и отображенные на планшете ГИС данные альфа ПС, Апс, Кп, Кгл;
4. Литологическая колонка;
5. Колонка коллекторов.

Таблица 4

## Оперативное заключение по скважине

№	Кровля, м	Подошва, м	Н, м	Коллектор	Литология	Характер насыщения	Пластовые данные	Кп	Кгл
1	2519,8	2533,6	13,8	к	песчаник	нефть		0,15	0,18
2	2533,6	2537,4	3,8	нк	глина	-		-	0,98
3	2537,4	2542,8	5,4	к	песчаник	вода		0,11	0,12
4	2542,8	2545,8	3	нк	глина	-		-	0,87

В таблице MSExcel представляется таблица, содержащая сведения о литологии скважины, средние значения пластовых данных, расчетные параметры, выделенные коллектора и указан характер их насыщения.

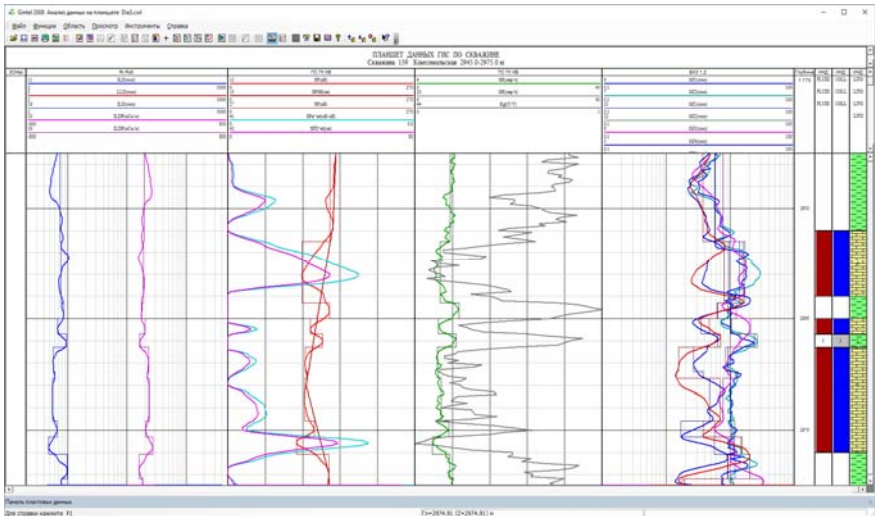


Рис. 8. Пример итогового планшета



## СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа оформляется в MSWord, шрифт Times New Roman, 14 кегль, полуторный интервал, левое поле – 3 см, остальные – 2 см, отступ – 1,25.

Курсовая работа должна иметь следующую структуру, которая позволяет наиболее четко и логично проследить за ходом выполнения работы:

1. Титульный лист (приложение 1)
2. Лист с заданием на курсовую работу (приложение 2)
3. Оглавление
4. Введение
5. Теоретическая часть ?
6. ФГМ ???
7. Расчетная часть
8. Заключение
9. Список литературы
10. Приложения

Во введении раскрываются основные цели и задачи курсовой работы, приводится краткое описание месторождения, на котором располагается скважина.

Теоретическая часть должна содержать краткое описание физических основ метода каротажа, интерпретируемого в ходе работы и возможные решаемые задачи каждого из них.

ФГМ составляется на основе анализа априорной геолого-геофизической информации.

Расчетная часть должна быть поделена на подглавы, соответствующие этапам выполнения курсовой работы с обязательным графическим сопровождением хода ее выполнения.

Все расчетные формулы из программного комплекса и выполненные ручным способом указываются в тексте курсовой работы.

Все таблицы оформляются по примеру, указанному в данных методических указаниях и вставляются в курсовую работу в соответствующий раздел.

В заключении приводится обобщение всех результатов с указанием целевого интервала скважины, его геологического строения, количества коллекторов, характера их насыщения и расчетными параметрами. Производится оценка перспектив скважины для дальнейшего изучения.

В списке литературы указываются печатные и электронные издания, использовавшиеся в процессе написания курсовой работы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Косков В.Н.* Геофизические исследования скважин: учебное пособие. – Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета. – 2004. – 122 с.
2. *Косков В.Н., Косков Б.В.* Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС: учебное пособие. – Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета. – 2007. – 317 с.
3. Инструкция к программному комплексу Gintel2009.

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

*«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»*

**Кафедра геофизических и геохимических методов  
поисков и разведки месторождений полезных ископаемых**

**УТВЕРЖДАЮ**

*Зав. кафедрой ГФХМР, профессор*

\_\_\_\_\_ А.С. Егоров  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 202\_ г.

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

на тему

« \_\_\_\_\_ »

Выполнил: студент группы ГНГ-ХХ

\_\_\_\_\_

(подпись)

Е.П. Исаков

(ФИО.)

Научный руководитель: доцент, к.г.-м.н.

\_\_\_\_\_

(подпись)

Н.А. Данильева

(ФИО.)

ОЦЕНКА: \_\_\_\_\_

Дата завершения практики: 18.12.2020 г.

Санкт-Петербург 202\_

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

*«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»*

**Кафедра геофизических и геохимических методов  
поисков и разведки месторождений полезных ископаемых**

**УТВЕРЖДАЮ**

*Зав. кафедрой ГФХМР, профессор*

\_\_\_\_\_ А.С. Егоров  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 202\_ г.

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

Студенту Исакову Е.П.

группа ГНГ-XX

Тема: \_\_\_\_\_

Исходные данные:

---

---

---

Задание выдал (руководитель проекта) \_\_\_\_\_ / доцент Данильева Н.А./

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_ /Е.П. Исаков/

Дата получения задания «25» сентября 20\_\_ г.

Санкт-Петербург 202\_

## Содержание

Основные определения и сокращения.....	3
Введение.....	4
Тематика курсовой работы.....	5
Методика выполнения курсовой работы.....	5
Изучение исходных данных по скважине и месторождению.....	5
Определение основных критериев выделения.....	7
Литологических типов горных пород.....	7
Построение литологической колонки и выделение предположительных пластов-коллекторов в изучаемом интервале.....	7
Определение пластовых показаний.....	10
Расчет КП, КГЛ по кривым каротажа.....	12
Подготовка отчетной документации.....	15
Структура курсовой работы.....	17
Библиографический список.....	19
Приложение 1.....	20
Приложение 2.....	21

# **ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН**

*Методические указания к курсовой работе  
для студентов специальности 21.05.02*

Сост.: *Н.А. Данильева, Н.В. Большакова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
геофизических и геохимических методов поисков  
и разведки месторождений полезных ископаемых

Ответственный за выпуск *А.В. Гурко*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 26.05.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 1,2. Усл.кр.-отт. 1,2. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 75 экз. Заказ 478.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2