



Негосударственное образовательное учреждение  
«Академия инжиниринга нефтяных и газовых месторождений»

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель проекта по развитию  
и обучению персонала  
НОУ «Академия ИНГМ»  
\_\_\_\_\_ М.С. Найденова  
\_\_\_\_\_ 2025 г.



## **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА**

ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

### **«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ»**

Разработал:  
преподаватель В.А. Молчан

г. Томск

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <b>1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ</b>                           |    |
| 1.1. Нормативные основания разработки программы .....              | 3  |
| 1.2. Цель .....  | 3  |
| 1.3. Задачи .....  | 3  |
| 1.4. Планируемые результаты обучения.....                          | 3  |
| 1.5. Характеристика профессиональной деятельности слушателей ..... | 3  |
| <b>2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ</b>                                     |    |
| 2.1. Учебный план.....   | 4  |
| 2.2. Рабочие программы (тематическое содержание) модулей .....     | 5  |
| 2.3. Календарный учебный график .....                              | 7  |
| <b>3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ</b>                    |    |
| 3.1. Категория слушателей .....                                    | 7  |
| 3.2. Технологии и методы обучения.....                             | 8  |
| 3.3. Учебно-методическое обеспечение.....                          | 8  |
| 3.4. Материально-техническое обеспечение.....                      | 8  |
| 3.5. Кадровое обеспечение.....                                     | 8  |
| 3.6. Информационное обеспечение.....                               | 8  |
| 3.7. Электронные ресурсы.....                                      | 8  |
| 3.8. Документ о квалификации.....                                  | 9  |
| <b>4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ</b>                       |    |
| 4.1. Формы аттестации.....   | 9  |
| 4.2. Оценочные материалы.....                                      | 9  |
| 4.3. Оценка результатов аттестации .....                           | 12 |

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

### **Нормативные основания разработки программы:**

1. Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г.
2. Приказ Министерства образования и науки РФ № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам» от 01.07.2013 г.
3. Профессиональные стандарты Код 19 «Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа».
4. Проекты примерных образовательных программ по направлениям бакалавриата 210000 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия».
5. ФГОС ВО по направлениям бакалавриата и магистратуры 210000 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия».

### **Цель:**

совершенствование профессиональных компетенций специалистов нефтяной и газовой отрасли в практическом применении методов искусственного интеллекта и машинного обучения в области разработки нефтяных и газовых месторождений, оптимизации добычи, геологического моделирования и петрофизики для решения профессиональных задач.

### **Задачи:**

- изучить теорию основных методов искусственного интеллекта и машинного обучения;
- освоить практические навыки по применению языка программирования Python и основных библиотек для подготовки, визуализации и анализа данных, построения моделей на основе методов машинного обучения;
- научиться применять на практике основные алгоритмы машинного обучения такие как регрессия, классификация, методы кластерного анализа и поиска аномалий, а также нейронные сети и методы глубокого обучения.

### **Планируемые результаты обучения:**

усовершенствованные профессиональные компетенции, выраженные в знаниях и способностях:

- применять на практике современное программное обеспечение и основные библиотеки для решения задач методами машинного обучения;
- оптимизировать выполнение наиболее трудоёмких задач по проектированию систем разработки нефтяных и газовых месторождений, геологическому моделированию, интерпретации геофизических данных;
- выбирать наиболее подходящие методы машинного обучения для решения определённых проблем и применять методы машинного обучения на практике.

### **Характеристика профессиональной деятельности слушателей:**

Область профессиональной деятельности слушателей, освоивших программу курса повышения квалификации, включает реализацию и управление технологическими процессами и производством, методологию и методы проектирования и конструирования,

научные исследования и разработки в сегменте топливной энергетики, в т.ч. освоение месторождений, транспортирование и хранение углеводородов, исследование недр и поверхности Земли, рациональное использование и охрана земельных и углеводородных ресурсов и др.

Объектами профессиональной деятельности слушателей являются технологические процессы и устройства для строительства, ремонта, восстановления, добычи, промыслового контроля, транспортирования, хранения и сбыта нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов, поверхность и недра Земли, геодинамические явления и процессы, территориально-административные образования, информационные системы и инновационные технологии и др.

Виды профессиональной деятельности слушателей: производственно-технологическая, организационно-управленческая, экспериментально-исследовательская, проектная, проектно-изыскательская, научно-исследовательская.

Основной профессиональной аудиторией курса являются инженеры по разработке нефтяных и газовых месторождений, инженеры по добычи нефти и газа, геологи и геофизики.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Учебный план дополнительной профессиональной программы определяет перечень, трудоемкость, последовательность и распределение учебных модулей, иных видов учебной деятельности обучающихся и формы аттестации.

### Учебный план:

| № | Наименование модулей  | Количество часов |                    |                      | Форма аттестации |
|---|---|------------------|--------------------|----------------------|------------------|
|   |   | Всего            | в том числе:       |                      |                  |
|   |   |                  | лекционные занятия | практические занятия |                  |
| 1 | Введение в инструменты машинного обучения. Краткий курс по Python. Подготовка данных для анализа (с использованием Pandas and SQL). Визуализация данных | 8                | 4                  | 4                    | Текущий контроль |
| 2 | Численная оптимизация. Краткий курс по статистике. Введение в анализ данных. Оценка неопределённости и методы принятия решений                          | 8                | 4                  | 4                    | Текущий контроль |
| 3 | Введение в машинное обучение. Методы понижения размерности данных. Методы кластерного анализа. Методы поиска аномалий в данных                          | 8                | 4                  | 4                    | Текущий контроль |
| 4 | Основные концепции машинного обучения. Методы регрессии. Калибровка моделей машинного обучения  | 8                | 4                  | 4                    | Текущий контроль |
| 5 | Обзор методов классификации. Нейронные сети и методы глубокого обучения. Несбалансированные наборы  | 6                | 4                  | 2                    | Текущий контроль |

|   |  |           |           |           |              |
|---|--|-----------|-----------|-----------|--------------|
|   | данных. Интерпретация моделей машинного обучения |           |           |           |              |
| 6 | Итоговая аттестация                              | 2         | -         | 2         | Тестирование |
|   | <b>ИТОГО</b>                                     | <b>40</b> | <b>20</b> | <b>20</b> |              |

### **Рабочие программы (тематическое содержание) модулей:**

|   |   |
|---|---|
| <b>Тема 1:</b><br>- Введение в инструменты машинного обучения<br>- Краткий курс по Python<br>- Подготовка данных для анализа (с использованием Pandas and SQL)<br>- Визуализация данных   | <b>Практические упражнения:</b><br>- Анализ и визуализация данных по добыче<br>- Подготовка данных для расчётов методом материального баланса<br>- Проверка качества адаптации гидродинамической модели<br>- Визуализация каротажных кривых   |
| <b>Слушатели научатся:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять язык программирования Python и основные библиотеки по машинному обучению для решения различных задач из области добычи нефти и газа;</li> <li>• создавать мощные программные инструменты для анализа данных по добыче, представленных в различных форматах (текстовые файлы или базы данных), которые могут быть использованы для анализа добычи по залежам нефти и газа различного типа и размера;</li> <li>• в максимально короткие сроки подготовить данные по добыче и давлению в формате PETEX MBAL для расчётов методом материального баланса для сложных залежей, например, залежей многоблочного строения с различными уровнями ВНК и ГНК;</li> <li>• быстро и эффективно анализировать большое количество результатов гидродинамических расчётов для оценки качества адаптации гидродинамической модели и анализа прогнозных показателей;</li> <li>• с минимальными затратами времени строить графики высокого качества на основе различных промысловых данных (по добыче и давлению, каротажному материалу, и т.д.), что позволяет значительно упростить процесс анализа разработки, а также получить готовый графический материал для дальнейшего использования в презентациях и отчётах.</li> </ul> |   |
| <b>Тема 2:</b><br>- Численная оптимизация<br>- Краткий курс по статистике<br>- Введение в анализ данных<br>- Оценка неопределённости и методы принятия решений  | <b>Практические упражнения:</b><br>- Кривые падения добычи<br>- Подготовка физико-химических данных нефти и газа для гидродинамического моделирования<br>- Подсчёт запасов нефти и газа вероятностными методами<br>- Перемасштабирование геологической модели<br>- Оптимизация заводнения |
| <b>Слушатели научатся:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять методы численной оптимизации для решения различных задач по проектированию разработки залежей нефти и газа: калибровка кривых падения добычи для понимания механизма работы залежей, увязка градиента пластового давления и данных по физико-химическим свойствам нефти и газа для корректной инициализации гидродинамической модели;</li> <li>• проводить перемасштабирование сетки детальной геологической модели в более грубую сетку гидродинамической модели с полным контролем процесса</li> </ul>  |   |

перемасштабирования и соблюдением баланса между понижением размерности геологической модели и сохранением важных геологических деталей;

- выполнять подсчёт запасов углеводородов вероятностными методами с учётом неопределённости входных параметров для оперативной оценки геологических запасов нефти и газа без необходимости создания геологической модели;
- оптимизировать распределение закачки воды и газа между нагнетательными скважинами с целью достижения максимального КИН с использованием оптимального количества расчётов гидродинамического моделирования.

|  |   |
|--|---|
| <b>Тема 3:</b><br>- Введение в машинное обучение<br>- Методы понижения размерности данных<br>- Методы кластерного анализа<br>- Методы поиска аномалий в данных | <b>Практические упражнения:</b><br>- Определение электрофаций на основе каротажных данных<br>- Экспресс-оценка различных вариантов распределения петрофизических свойств в геологической модели<br>- Определение аномальных режимов работы добывающих скважин |
|--|---|

**Слушатели научатся:**

- свободно ориентироваться в терминологии методов машинного обучения и уверенно определять основные технические и бизнес требования для успешного применения методов машинного обучения на практике;
- выбирать наиболее подходящий метод машинного обучения для решения конкретной задачи из области проектирования разработки месторождений в зависимости от типа проблемы, количества и качества доступных данных и требований к решению;
- проводить экспресс-оценку вариантов распределения петрофизических свойств в геологической модели для упрощения процесса адаптации гидродинамической модели и уменьшения количества гидродинамических расчётов, а также для эффективной оценки влияния неопределённости геологического строения на прогноз добычи нефти и газа;
- определять оптимальное число электрофаций для данного месторождения на основе имеющихся каротажных данных для более обоснованного распределения петрофизических свойств в геологической модели;
- автоматически определять нестационарные режимы работы добывающих скважин для предотвращения возможных аварийных ситуаций и оптимизации работы фонда скважин.

|  |   |
|--|---|
| <b>Тема 4:</b><br>- Основные концепции машинного обучения<br>- Методы регрессии<br>- Калибровка моделей машинного обучения | <b>Практические упражнения:</b><br>- Прогноз добычи для нетрадиционных залежей нефти и газа<br>- Определение давления насыщения пластовых нефтей с помощью методов машинного обучения |
|--|---|

**Слушатели научатся:**

- планировать проект по машинному обучению с целью получения результатов высокого качества, а также их воспроизводимости;
- применять на практике основные концепции машинного обучения: правильное разбиение данных для обучения и проверки качества модели, кросс-валидация, выбор корректной целевой функции, нахождение баланса между уровнем сложности модели и её стабильностью, калибровка параметров модели;

- прогнозировать дебиты новых скважин и оптимизировать схемы заканчивания скважин в нетрадиционных залежах нефти и газа без построения гидродинамической модели;
- на основе доступных исследований физико-химических свойств нефти и газа создавать модель с использованием методов машинного обучения, позволяющую прогнозировать давление насыщения для залежей, по которым не были проведены необходимые лабораторные исследования;
- автоматически определять оптимальные параметры моделей машинного обучения для упрощения процесса калибровки моделей.

|  |   |
|--|---|
| <b>Тема 5:</b><br>- Обзор методов классификации<br>- Нейронные сети и методы глубокого обучения<br>- Дополнительные темы повышенной сложности: Несбалансированные наборы данных Интерпретация моделей машинного обучения   | <b>Практические упражнения:</b><br>- Определение литофаций<br>- Оценка применимости методов повышения нефтеотдачи (МУН) |
| <b>Слушатели научатся:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• представлять результаты, полученные с помощью моделей на основе машинного обучения, широкой аудитории (технической и бизнес) для проведения технической экспертизы и использования при принятии бизнес-решений;</li> <li>• классифицировать литофации на основе каротажных данных в скважинах без наличия керновых данных;</li> <li>• создавать модель для оценки применимости методов повышения нефтеотдачи пласта на основе различных данных (физико-химических исследований нефти и газа, специальных исследований керна и геологических данных), которая позволяет проводить эффективный скрининг МУН для всего портфолио залежей компании.</li> </ul> |   |

### Календарный учебный график:

| №            | Наименование модулей  | Всего часов | Учебные дни |          |          |          |          |
|--------------|---|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
|              |   |             | 1           | 2        | 3        | 4        | 5        |
| 1            | Введение в инструменты машинного обучения. Краткий курс по Python. Подготовка данных для анализа (с использованием Pandas and SQL). Визуализация данных | 8           | 8           |          |          |          |          |
| 2            | Численная оптимизация. Краткий курс по статистике. Введение в анализ данных. Оценка неопределённости и методы принятия решений                          | 8           |             | 8        |          |          |          |
| 3            | Введение в машинное обучение. Методы понижения размерности данных. Методы кластерного анализа. Методы поиска аномалий в данных                          | 8           |             |          | 8        |          |          |
| 4            | Основные концепции машинного обучения. Методы регрессии. Калибровка моделей машинного обучения  | 8           |             |          |          | 8        |          |
| 5            | Обзор методов классификации. Нейронные сети и методы глубокого обучения. Несбалансированные наборы данных. Интерпретация моделей машинного обучения     | 6           |             |          |          |          | 8        |
| 6            | Итоговая аттестация   | 2           |             |          |          |          |          |
| <b>ИТОГО</b> |   | <b>40</b>   | <b>8</b>    | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>8</b> |

### **ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

|                        |          |
|------------------------|----------|
| <b>Трудоемкость:</b>   | 40 часов |
| <b>Форма обучения:</b> | очная    |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Виды занятий:</b>     | лекционные, практические                |
| <b>Формы аттестации:</b> | текущий контроль, итоговое тестирование |
| <b>Режим занятий:</b>    | 8 академических часов в день            |
| <b>Срок обучения:</b>    | 5 дней                                  |

#### **Категория слушателей:**

Курс повышения квалификации могут пройти лица, имеющие (получающие) высшее или среднее профессиональное образование по соответствующей специальности либо прошедшие профессиональную переподготовку по соответствующему направлению.

#### **Технологии и методы обучения:**

лекция, семинар, программирование, решение задач, проведение расчётов, построение графиков, мозговой штурм, тренинг.

#### **Учебно-методическое обеспечение:**

презентации по модулям курса, программный код с подробными комментариями и графическим материалом, иллюстрированные заметки на основе обсуждения тем курса в цифровом формате.

#### **Материально-техническое обеспечение:**

аудитория, столы, стулья, ноутбуки с доступом в Интернет, мультимедийный проектор и экран, презентер, аудиокolonки, магнитно-маркерная доска, комплект лицензионного программного обеспечения (MS Power Point, Word, Excel и др.), программное обеспечение Python/Anaconda и доступ к Microsoft Azure Cloud.

#### **Кадровое обеспечение:**

Образовательный процесс обеспечивается научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю программы, и ученую степень или опыт деятельности в соответствующей профессиональной сфере и систематически занимающимися научной и/или научно-методической деятельностью, преподаватели из числа действующих руководителей и ведущих работников профильных организаций.

#### **Информационное обеспечение:**

1. Уэс Маккинни “Python и анализ данных” – ДМК Пресс, 2015. - 482 с.
2. Марк Лутц “Изучаем Python”, Символ-Плюс, 2011. - 1280 с.
3. Траск Эндрю "Грогаем глубокое обучение" - Питер, 2019.- 352 с.
4. Жерон Орельен “Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем”, Диалектика-Вильямс, 2020. - 1040 с.

#### **Электронные ресурсы:**

1. <https://www.python.org/>
2. <https://www.kaggle.com/>
3. <https://github.com/mralbu/awesome-reservoir-engineering>
4. <https://github.com/softwareunderground/awesome-open-geoscience>



### **Документ о квалификации:**

Лицам, успешно освоившим соответствующую дополнительную профессиональную программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдается удостоверение о повышении квалификации. При освоении дополнительной профессиональной программы параллельно с получением среднего и (или) высшего образования удостоверение о повышении квалификации выдается одновременно с получением соответствующего документа об образовании и о квалификации.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ**

### **Формы аттестации:**

1. Предварительный контроль в форме опроса.
2. Текущий контроль в форме решения и проверки задач, наблюдения за слушателями.
3. Итоговый контроль в форме опроса, решения и проверки задач.

### **Оценочные материалы:**

Тест для предварительного контроля, тест для итогового контроля, комплект задач, комплект упражнений.

#### **Образец задач для текущего контроля (задача 1):**

Выполните краткий анализ разработки месторождения нефти (США), приуроченного к низкопроницаемым коллекторам. Среди прочего проанализируйте:

- количество горизонтальных скважин, пробуренных каждой компанией-оператором на месторождении;

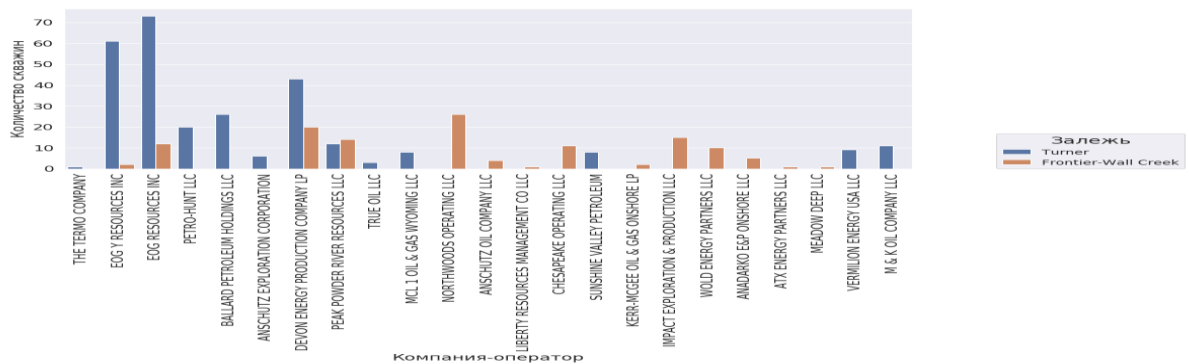
```
# Создайте новый график размером 15x6 см
plt.figure(figsize=(15, 6))

# Постройте график с использованием библиотек Seaborn и Pandas
sns.countplot(x='Company',
              hue='WSGS_reservoir_x',
              data=df_horizontal,
              orient='v')

# Добавьте легенду
plt.legend(loc=[1.1, 0], fontsize=14, title='Залежь', title_fontsize=20)
plt.xticks(rotation=90)
plt.xlabel(r'Компания-оператор')
plt.ylabel(r'Количество скважин')

# Сохраните график в отдельный файл
plt.savefig('countplot.png', bbox_inches='tight', pad_inches=0.5)
```

Результат:



- распределение накопленной добычи нефти для каждой залежи и каждой компании-оператора;

```
# Создайте новый график размером 15x6 см
plt.figure(figsize=(15, 6))

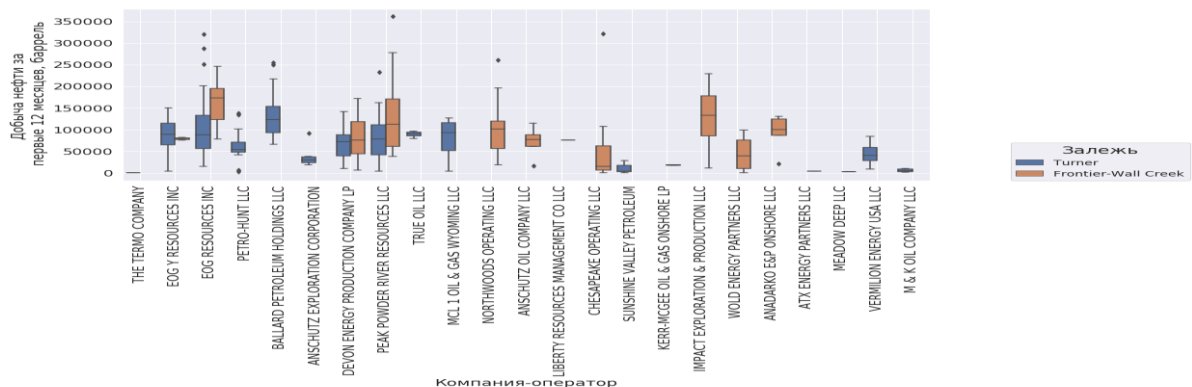
# Постройте график с использованием библиотек Seaborn и Pandas
# Постройте отдельные графики (boxplot) для двух залежей для каждой компании-оператора
g = sns.boxplot(x='Company',
                y='First 12 months oil (bbl)',
                hue='WSGS_reservoir_x',
                data=df_horizontal)

# Отобразите сетку для лучшей визуализации
plt.grid(True)
plt.xticks(rotation=90)

# Добавьте легенду
plt.legend(loc=[1.1, 0], fontsize=14, title='Залежь', title_fontsize=20)
plt.xlabel('Компания-оператор')
plt.ylabel('Добыча нефти за \n первые 12 месяцев, баррель')

# Сохраните график в отдельный файл
plt.savefig('boxplot.png', bbox_inches='tight', pad_inches=0.5)
```

Результат:



- постройте карту накопленных отборов по всем горизонтальным скважинам для каждой компании-оператора

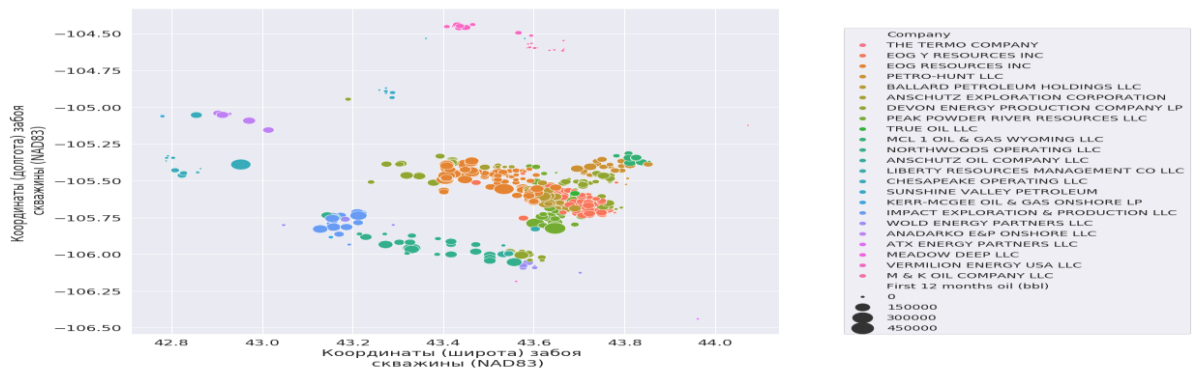
```
# Создайте новый график размером 12x12 см
plt.figure(figsize=(12, 12))

# Постройте график ("пузырьковый"), где каждая точка соответствует координатам забоя скважины, а радиус круга - накопленной добычи нефти
# за первые 12 месяцев работы скважины
sns.scatterplot(x='Bottom hole latitude (NAD83)',
               y='Bottom hole longitude (NAD83)',
               hue='Company', # Цвет круга в зависимости от компании-оператора
               size='First 12 months oil (bbl)', # Радиус круга в зависимости от накопленной добычи нефти
               sizes=(10, 500),
               data=df_horizontal)

# Отобразите сетку для лучшей визуализации
plt.legend(loc=[1.1, 0], fontsize=14)
plt.xlabel('Координаты (широта) забоя \n скважины (NAD83)')
plt.ylabel('Координаты (долгота) забоя \n скважины (NAD83)')

# Сохраните график в отдельный файл
plt.savefig('bubble_map.png', bbox_inches='tight', pad_inches=0.5)
```

Результат:



### Образец задач для текущего контроля (задача 2):

Постройте классификационную модель для выделения коллекторов с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) на основе каротажных данных с применением логистической регрессии. Осуществите калибровку модели с использованием тренировочной выборки и проверку качества прогноза на основе тестовой выборки.

```
# Импортировать из библиотеки scikit learn модель логистической регрессии
```

```
# решение
```

```
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
```

```
# Инициализировать модель логистической регрессии с линейным солвером и балансировкой классов
```

```
# решение
```

```
model_logistic_regression = LogisticRegression(solver = 'liblinear',
                                              class_weight = 'balanced',
                                              random_state = random_state)
```

```
# Произвести обучение модели с использованием обучающей выборки
```

```
# решение
```

```
model_logistic_regression.fit(X = X_train, y = y_train)
```

```
LogisticRegression(class_weight='balanced', random_state=9, solver='liblinear')
```

```
# Сделать прогноз с использованием прогнозной выборки
```

```
# решение
```

```
y_test_pred_logistic_regression = model_logistic_regression.predict(X = X_test)
```

```
# Проверить качество прогноза с использованием матрицы несоответствий
```

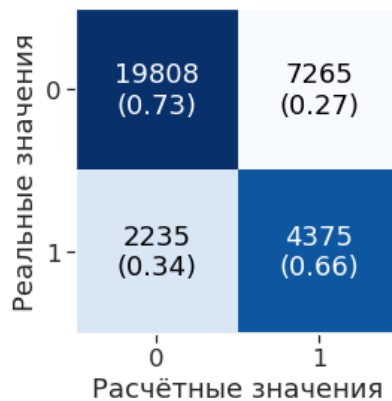
```
# решение
```

```
confusion_matrix_logistic_regression = skplt.metrics.confusion_matrix(y_true=y_test, y_pred=y_test_pred_logistic_regression)
```

```
# Визуализировать матрицу несоответствий
```

```
# решение
```

```
fig, ax = plot_confusion_matrix(conf_mat=confusion_matrix_logistic_regression, show_normed=True)
plt.xlabel('Расчётные значения')
plt.ylabel('Реальные значения')
plt.savefig('confusion_matrix.png', bbox_inches='tight', pad_inches=0.5)
plt.show()
```



Образец задач для итогового контроля:

Проведите интерпретацию комплексной модели, разработанной для выделения коллекторов с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) на основе каротажных данных с использованием алгоритма на основе деревьев принятия решений. Оцените влияние значений входных параметров на прогноз.

```
# Загрузить модель XGBoost с использованием библиотеки joblib
# решение
model=joblib.load(r"../Day5/notebooks/pickles/model_xgb_scikit_binary.bin")
model

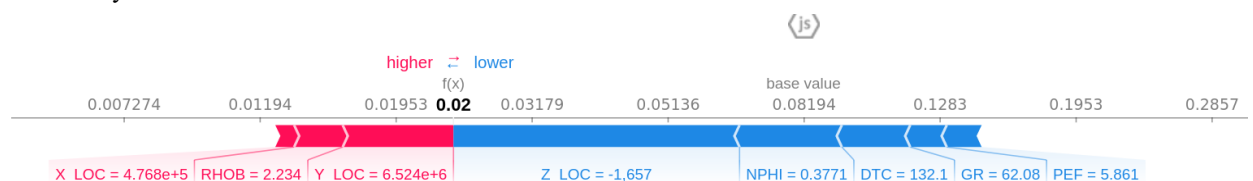
XGBClassifier(base_score=0.5, booster=None, colsample_bylevel=1,
               colsample_bynode=1, colsample_bytree=0.75, eta=0.28,
               eval_metric='auc', gamma=0.8500000000000001, gpu_id=-1,
               importance_type='gain', interaction_constraints=None,
               learning_rate=0.280000001, max_delta_step=0, max_depth=35,
               min_child_weight=86.0, missing=nan, monotone_constraints=None,
               n_estimators=28, n_jobs=-1, nthread=-1, num_parallel_tree=1,
               random_state=9, reg_alpha=0, reg_lambda=1, scale_pos_weight=1,
               seed=9, subsample=0.75, tree_method=None, validate_parameters=1,
               verbosity=None)

# Инициализировать TreeExplainer из библиотеки SHAP для интерпретации моделей
# на основе деревьев принятия решений
# решение
explainer = shap.TreeExplainer(model)

# Рассчитать значения shap для каждого атрибута в обучающей выборке
# решение
shap_values = explainer.shap_values(X_train)

# Визуализировать SHAP значения для определенного прогноза
# для оценки влияния каждого атрибута в модели
# решение
shap.initjs()
shap.force_plot(base_value = explainer.expected_value,
                shap_values = shap_values[4,:],
                features = X_train.iloc[4,:],
                link = 'logit')
```

Результат:



Оценка результатов аттестации:

Для определения результатов аттестации устанавливается диапазон баллов, которые необходимо набрать для того, чтобы получить отличную, хорошую, удовлетворительную или неудовлетворительную оценки.

Шкала перевода результатов тестирования в оценку результатов аттестации:

| <i><b>Процент выполненных заданий теста</b></i> | <i><b>Оценка</b></i> | <i><b>Результат аттестации</b></i> |
|---|----------------------|------------------------------------|
| 85-100  | Отлично              | Слушатель аттестован               |
| 65-84   | Хорошо               |                                    |
| 50-64   | Удовлетворительно    |                                    |
| 0-49  | Неудовлетворительно  | Слушатель не аттестован            |