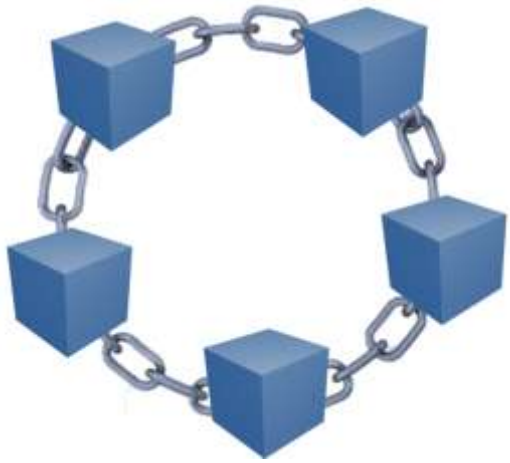


Практикум по курсу

«Блокчейн и его приложения»

Разработка смарт-контрактов на платформе Ethereum + Solidity + Remix + MetaMask + клиентский JavaScript

Пинягина О.В.

Казанский университет

2022

УДК 004.6
ББК 32.973.26 – 018.2

Печатается по решению учебно-методической комиссии
Института вычислительной математики и информационных технологий
протокол № 7 от 31.03.2022 г.

Рецензент:

Доцент кафедры системного анализа и информационных технологий ИВМиИТ КФУ к.ф.-м.н. Андрианова А.А.

Пинягина О.В.

Практикум по курсу «Блокчейн и его приложения». Разработка смарт-контрактов на платформе Ethereum + Solidity + Remix + MetaMask + клиентский JavaScript / О.В. Пинягина – Казань: Казанский университет, 2022. – 48 с.

Данное учебное пособие разработано для поддержки компьютерных лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов по курсу «Блокчейн и его приложения» для студентов, обучающихся по направлениям «Прикладная математика и информатика», «Бизнес-информатика».

В качестве платформы программирования используется комплекс технологий Ethereum + Solidity + Remix + MetaMask + клиентский JavaScript.

Оглавление

Предисловие

В рамках лабораторных занятий и самостоятельной работы студенты изучают экосистему **Ethereum** и язык программирования **Solidity** для создания смарт-контрактов.

Отдельные задания заключаются в изучении on-line возможностей экосистемы Ethereum и разработке компьютерных программ на следующие темы.

- Работа с кошельком MetaMask в тестовой сети Rinkeby. Установка, создание счетов, получение денег из "крана", перевод денег.
- Основные типы данных в Solidity - числа, строки, булевский тип (обязательно продемонстрировать целочисленное переполнение!).
- Сложные типы данных в Solidity - структуры, перечисления, массивы, хэш-таблицы.
- Модификаторы доступа в Solidity - public, private, internal, external.
- Стандартные методы - конструктор, безымянный метод для приема платежей, get- и set- методы.
- События в Solidity.
- Работа со смарт-контрактами в среде Remix. Компиляция и деплой контрактов.
- Работа со смарт-контрактами в тестовой сети Rinkeby. Деплой контрактов, перевод денег.
- Работа с контрактом через интерфейс Web3.js и клиентские сценарии JavaScript.

После изучения основных технологий и выполнения **простых заданий** студенты будут разрабатывать индивидуальные проекты по созданию контрактов на выбранную тему, например:

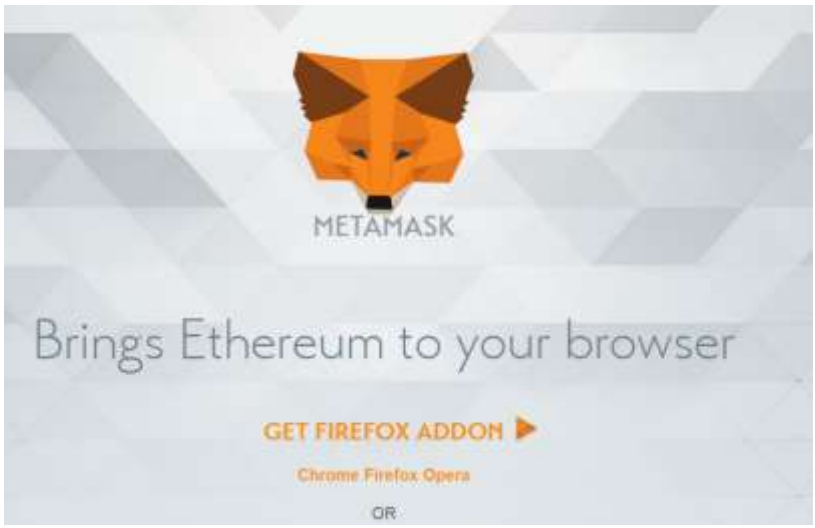
- Смарт-контракт для голосования.
- Смарт-контракт для подтверждения авторских прав.
- Смарт-контракт для продажи цифрового контента.
- Смарт-контракт для приема произвольных платежей.
- Смарт-контракт для оплаты счетов.

- Смарт-контракт для заключения пари.
- Смарт-контракт для хранения дипломов.
- Смарт-контракт для протекции сделки третьей стороной.
- Смарт-контракт для сделки с мультиподписями.
- И т. п.

Тема 1. Работа с Metamask

Metamask представляет собой браузерный кошелек для работы с криптовалютой **Ethereum**. С помощью этого кошелька можно как проводить реальные платежи, так и работать в тестовых сетях.

Установите расширение браузера **Metamask** с сайта https://metamask.io/

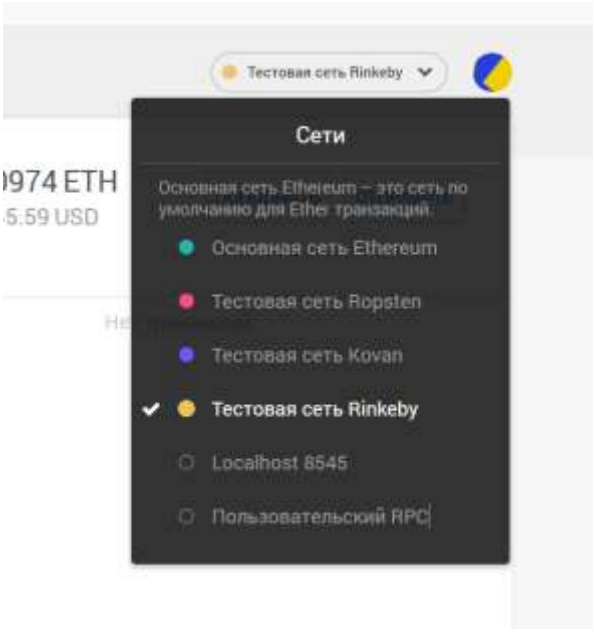


Значок **Metamask** появится в панели инструментов браузера.

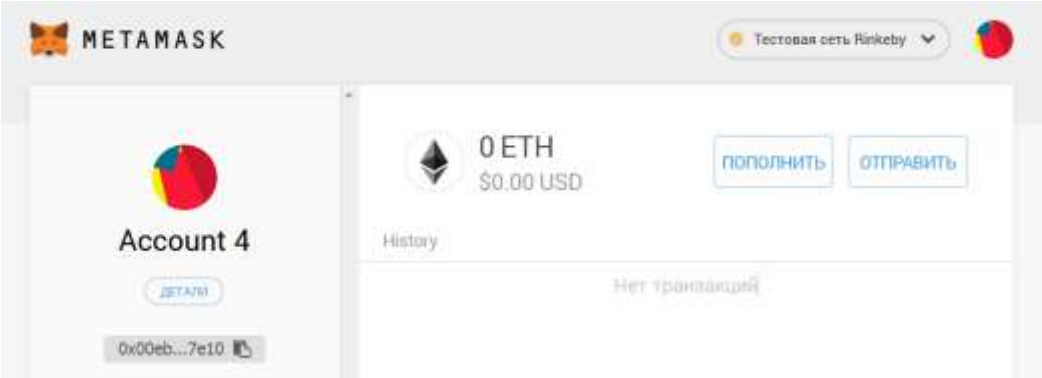
Зарегистрируйтесь в **Metamask**. Сохраните **ключевую фразу** в надежном месте. При регистрации также нужно придумать пароль, который будет использоваться при входе в кошелек с этого компьютера.

Если в дальнейшем вы захотите использовать свои кошельки с другого компьютера, для этого можно будет воспользоваться сохраненной ключевой фразой.

Список в верхнем правом углу окна позволяет выбрать текущую сеть для работы – основную или тестовые. Выберите в качестве текущей сети тестовую сеть **Rinkeby**.



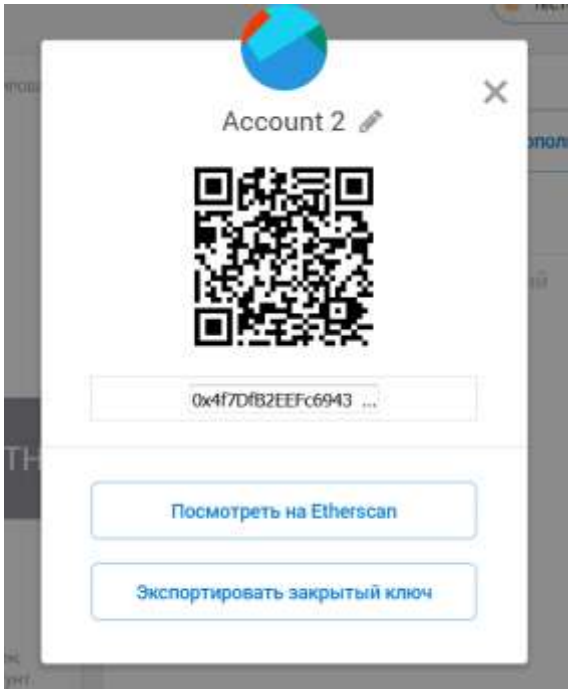
Создайте несколько счетов в своем кошельке.



Каждый кошелек получает уникальный адрес в таком формате:
0x4f7DfB2EEFc69438dE70E9Eb3d424A098c9c3715

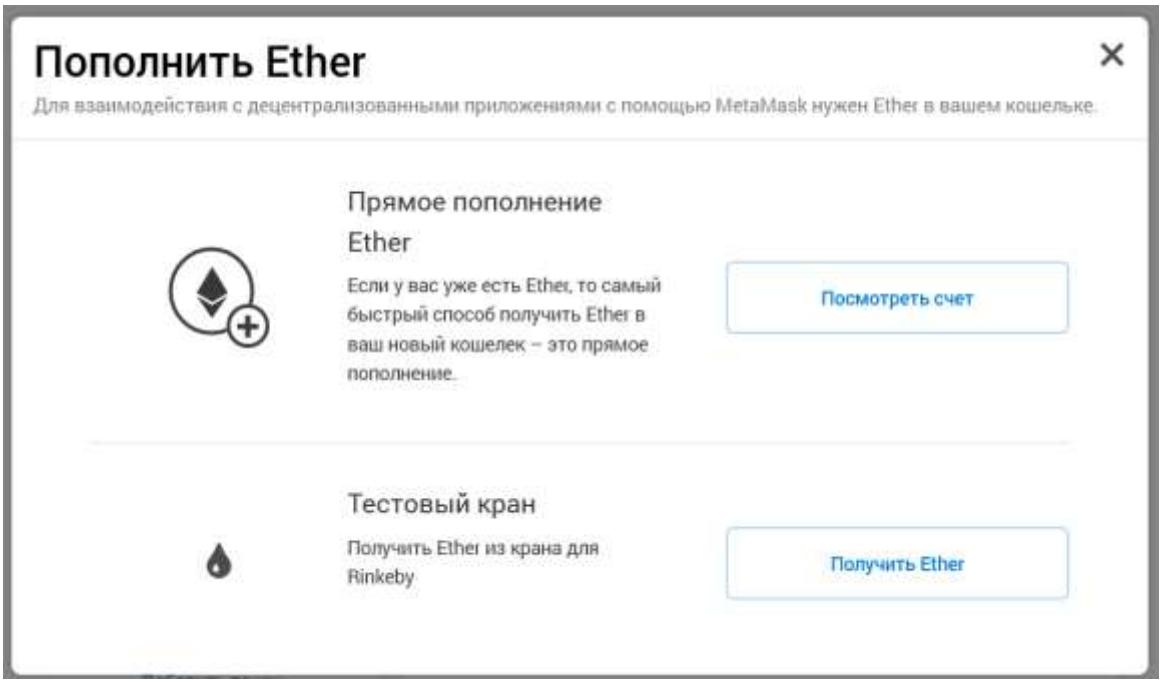
Если в окне счета нажать на кнопку **«Детали»**, то на экран будет выдано служебное окно, в котором можно увидеть QR-код кошелька.

Здесь также можно посмотреть историю операций по данному счету и экспортировать секретные ключи кошелька.

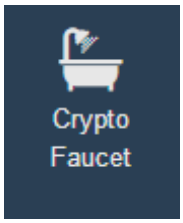


После создания кошелек пустой, баланс на нем равен нулю. Для дальнейшей работы нам понадобится тестовый эфир. Его можно получить через так называемый «кран» по адресу https://faucet.rinkeby.io/ или https://www.rinkeby.io/#faucet

Или можно нажать на кнопку «**Пополнить**» и в открывшемся окне выбрать «**Получить Ether**»



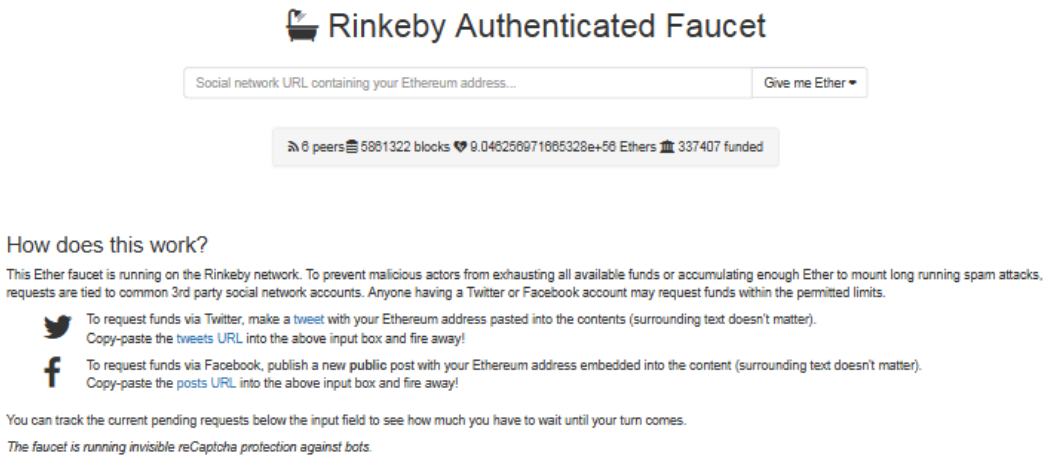
В открывшемся окне нажмите на кнопку с ванной:



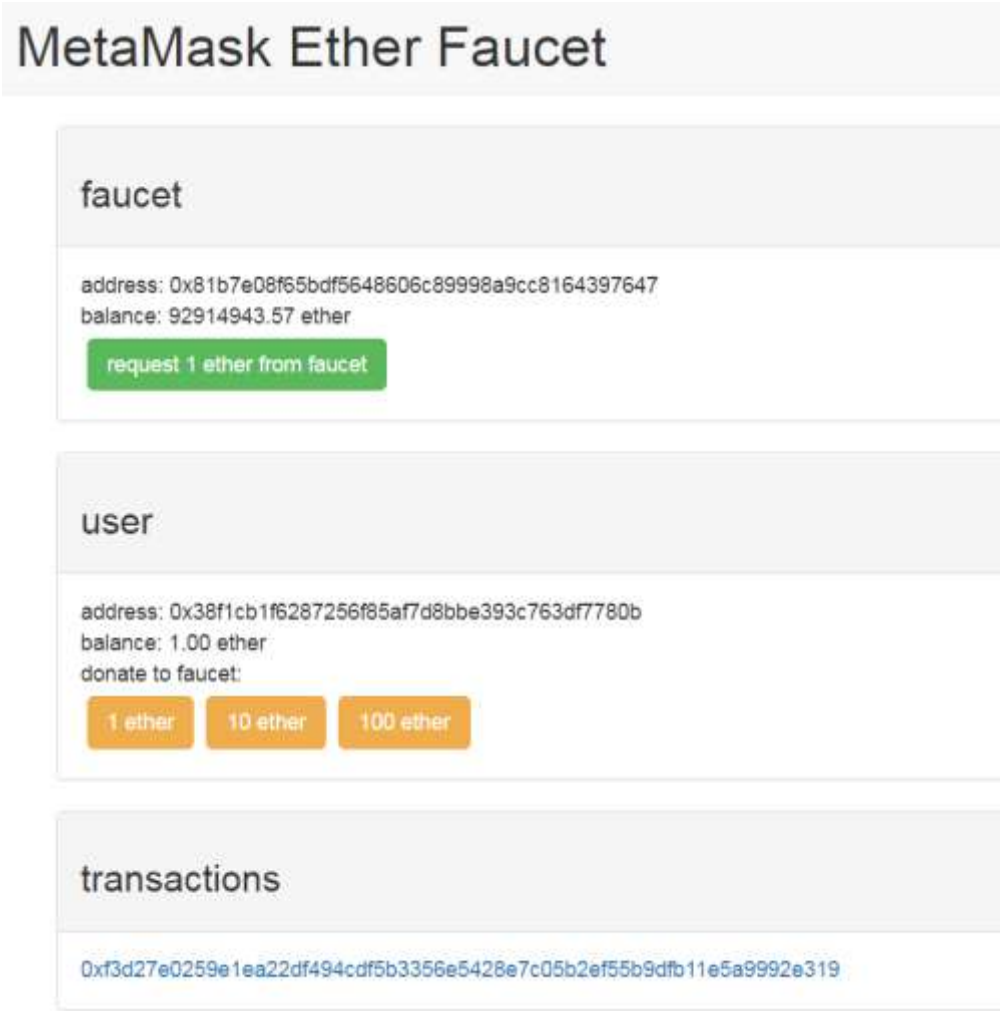
На текущий момент порядок получения тестового эфира такой.

В своем аккаунте в сети **Facebook** *(последнее время с этим способом проблемы)* или в сети **Twitter** опубликуйте сообщение, содержащее номер вашего счета.

Скопируйте ссылку на это сообщение и введите в текстовое поле в следующем окне. Нажмите на кнопку «**Give me Ether**» и выберите количество эфира. Через несколько минут тестовый эфир должен появиться на вашем счете.

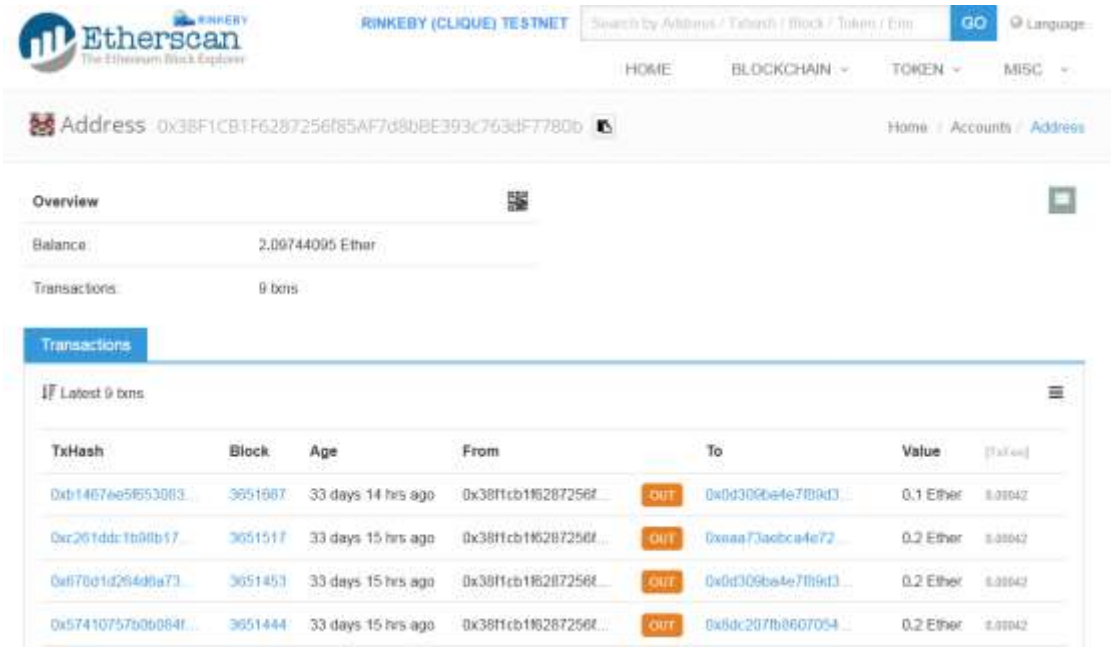


Тестовый эфир можно получить и в сети **Ropsten**. Для этого в кошельке Metamask переключитесь на сеть **Ropsten**, выберите счет, нажмите на кнопку «Пополнить», и в следующем окне можно запросить по 1 эфиру:

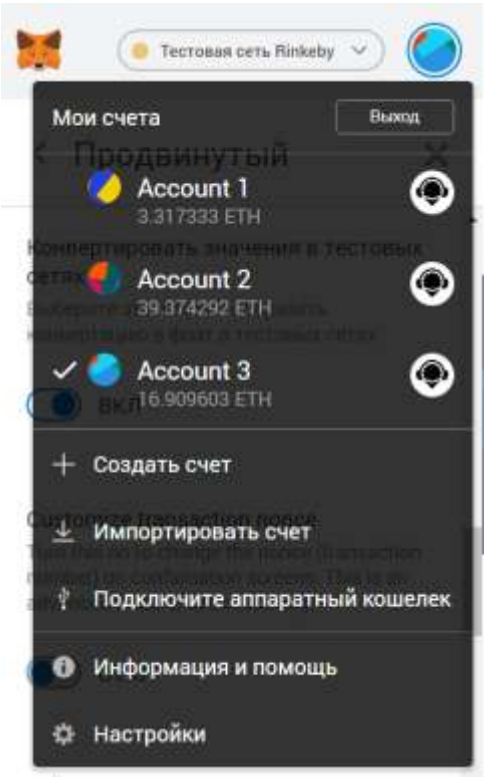


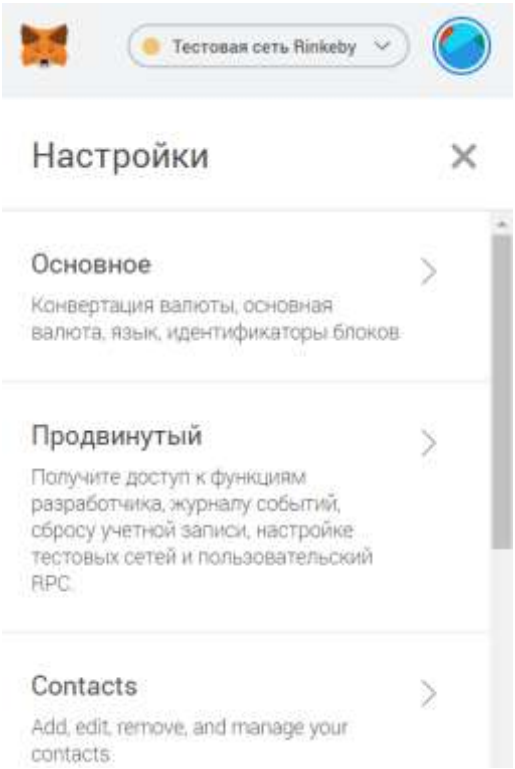
Проведите несколько переводов эфира между своими счетами либо на счета одногруппников.

Посмотрите историю своих операций на Etherscan.

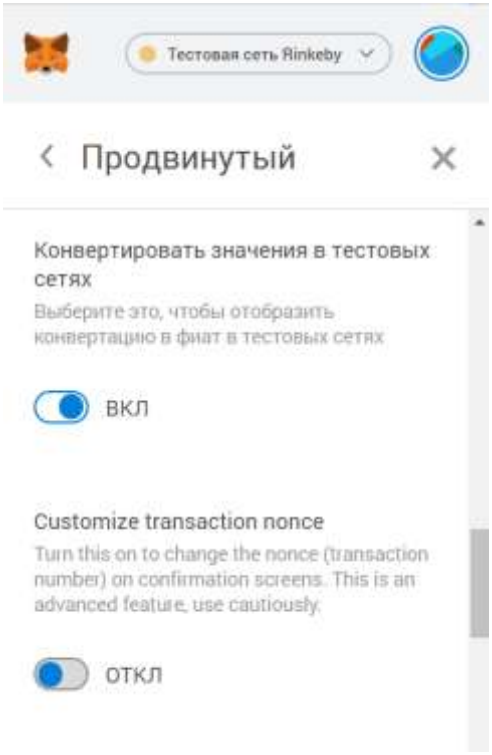


Примечание: Для отображения в кошельке MetaMask сумм не только в эфирах, но и в долларах, выберите пункт меню «Настройки» и в секции «Продвинутый»





включите конвертирование в тестовых сетях:



Задание для самостоятельной работы

Прочитайте первые 3 главы книги К. Даннена «Введение в Ethereum и Solidity».

По желанию можете установить кошелек Mist и поэкспериментировать с ним. Этот кошелек представляет собой самостоятельное приложение, которое позволяет не только проводить платежи, но и развернуть узел блокчейна на вашем компьютере. Не забывайте, что при запуске кошелька Mist в некоторых режимах запускается синхронизация блокчейна! Она может потребовать много времени и дискового пространства.

Тема 2. Начинаем изучать Solidity и среду Remix

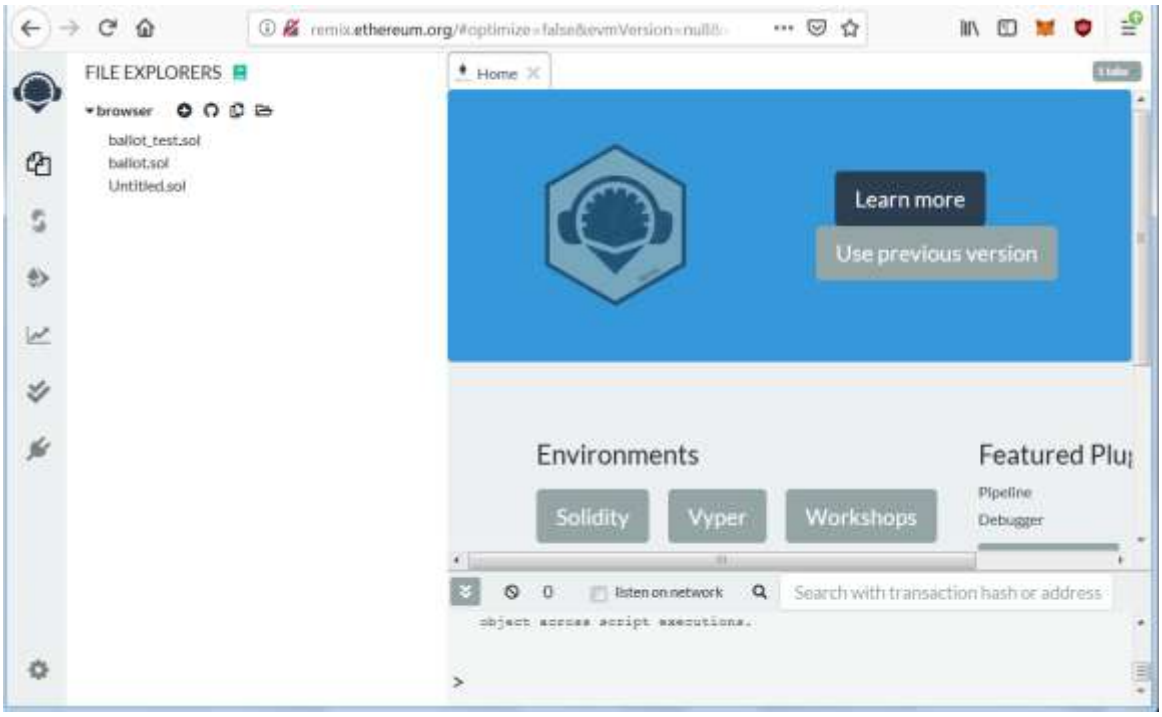
В этом задании мы начнем изучать язык **Solidity** для написания смарт-контрактов и среду **Remix**.

Начнем с того, что откроем документацию Introduction to Smart Contracts по адресу https://solidity.readthedocs.io/en/v0.5.4/introduction-to-smart-contracts.html и рассмотрим структуру простого контракта.

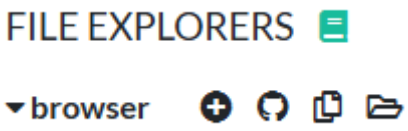
```
pragma solidity >=0.4.0 <0.6.0;

contract SimpleStorage {
    uint storedData;

    function set(uint x) public {
        storedData = x;
    }

    function get() public view returns (uint) {
        return storedData;
    }
}
```

Среда Remix располагается по адресу http://remix.ethereum.org/

Загрузим сайт **Remix**, он выглядит примерно так:



Создадим новый пустой файл (например, test.sol), нажав на кнопку «+»:

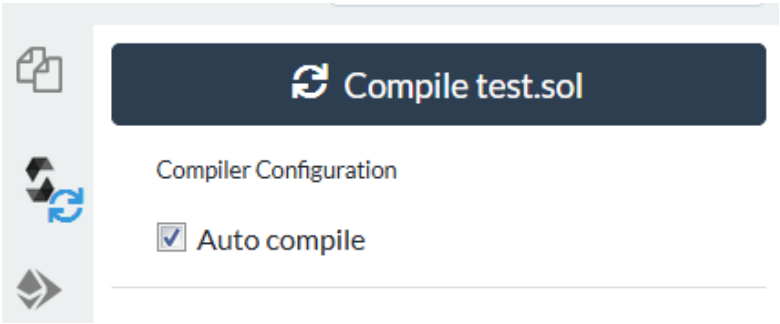


Начнем писать код следующего контракта:

Home | test.sol

```
pragma solidity ^0.5.1;

contract MyContract{
    address creator;
    uint256 myNumber;

    function MyContract() {
        creator=msg.sender;
        myNumber=3;
    }
    function getCreator() constant returns (address) {
        return creator;
    }
    function getNumber() constant returns (uint256) {
        return myNumber;
    }
    function setMyNumber(uint256 num) {
        myNumber=num;
    }
    function kill() {
        if(msg.sender == creator) {
            suicide(creator);
        }
    }
}
```

Для компиляции следует перейти на вкладку **Solidity compiler**  и нажать на кнопку **Compile** (либо включить автоматическую



компиляцию).

Откомпилируйте программу, отладьте ошибки, если они есть. Ошибки в этом примере точно есть, и связаны они с устаревшими возможностями Solidity (ключевыми словами, семантикой). Устаревший пример приведен **специально**, для тренировки, и взят он из курса **«Работа с Ethereum»**

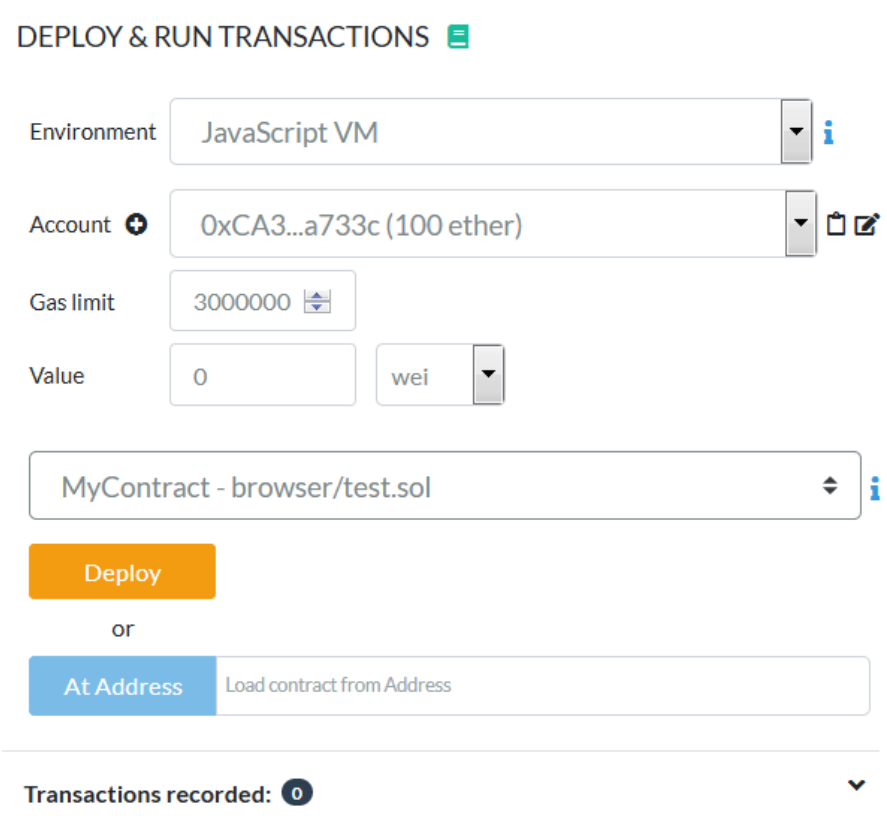
https://www.intuit.ru/studies/courses/3630/872/lecture/32293?page=1, Лекция 3.

```
browser/test.sol:11:24: ParserError: The state mutability modifier "const
ant" was removed in version 0.5.0. Use "view" or "pure" instead.
function getCreator() constant returns (address) {
^------^
```

```
browser/test.sol:14:23: ParserError: The state mutability modifier "const
ant" was removed in version 0.5.0. Use "view" or "pure" instead.
function getNumber() constant returns (uint256) {
^------^
```

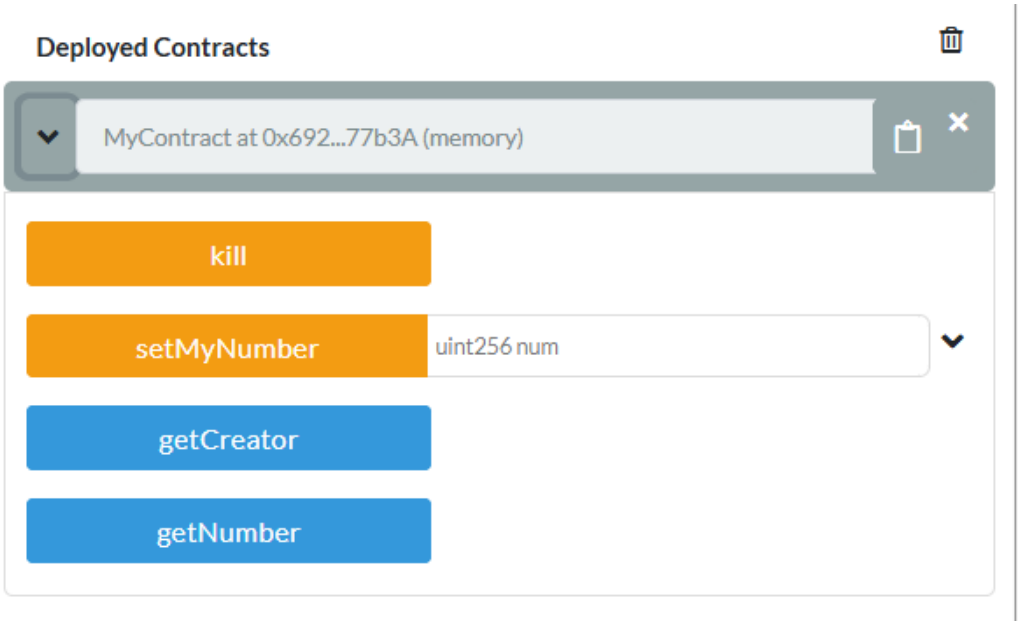
Исправьте все ошибки.

После того как код программы успешно откомпилирован, следует перейти на вкладку **Deploy & run transactions** выбрать пока в качестве среды выполнения (Environment) виртуальную машину JavaScript.

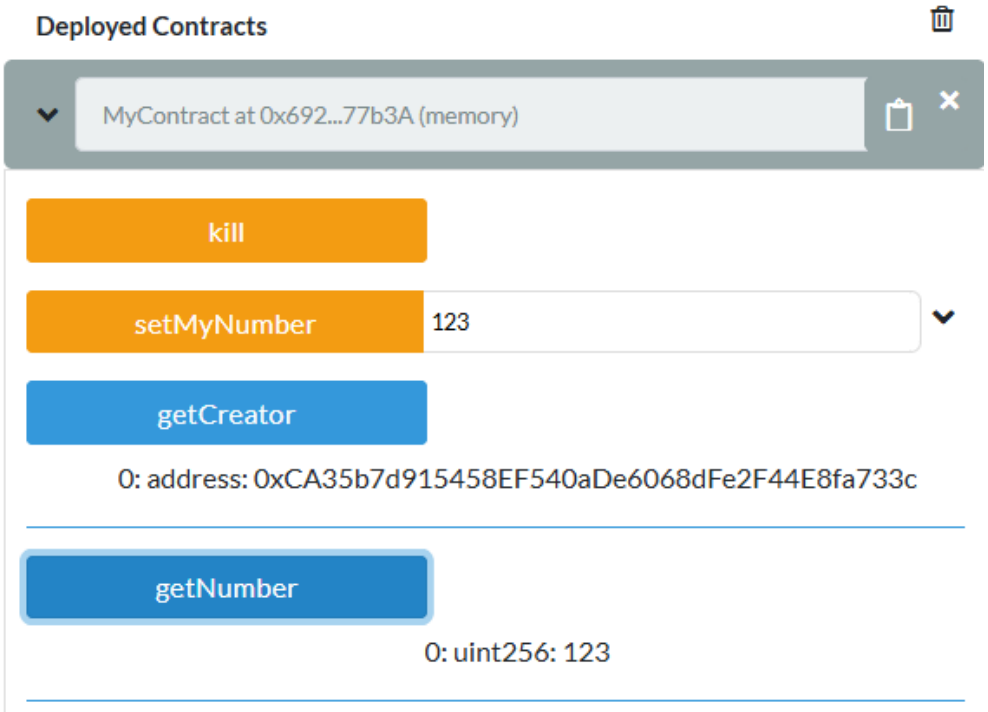


Для запуска контракта следует нажать на кнопку «**Deploy**». Запуск контракта осуществляется от имени условного аккаунта с балансом 100 ETH. Выполнение в рамках виртуальной машины JavaScript не выходит за пределы сеанса браузера.

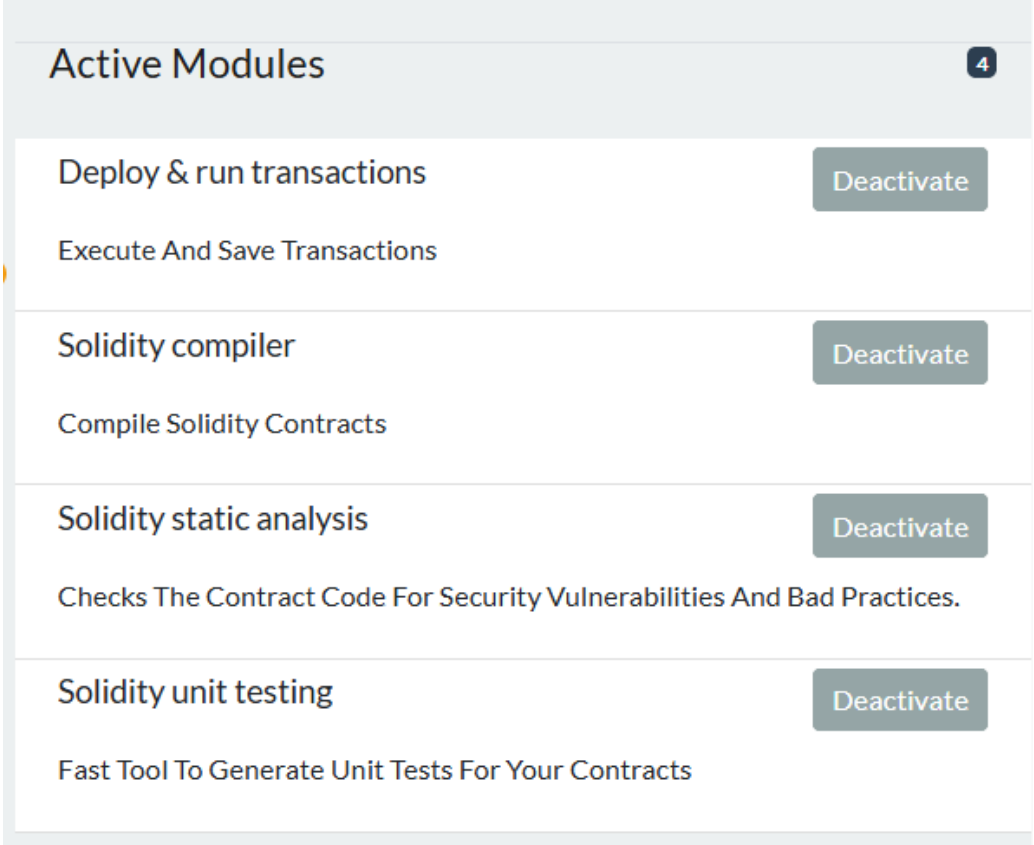
Запущенный контракт появится ниже в окне:



Здесь можно проверить работу всех его функций.



Отметим, что на вкладке Plugin Manager  можно включать и выключать отдельные модули:



Задание для самостоятельной работы

Изучите типы данных и модификаторы доступа к данным в языке **Solidity**.

Напишите и отладьте контракт, в котором **используются разнообразные типы данных** и иллюстрируются операции с ними. Обязательно приведите пример **целочисленного переполнения**.

Напишите и отладьте контракт, в котором используются **разнообразные модификаторы доступа.** Проиллюстрируйте доступ к одноименным переменным с разными модификаторами.

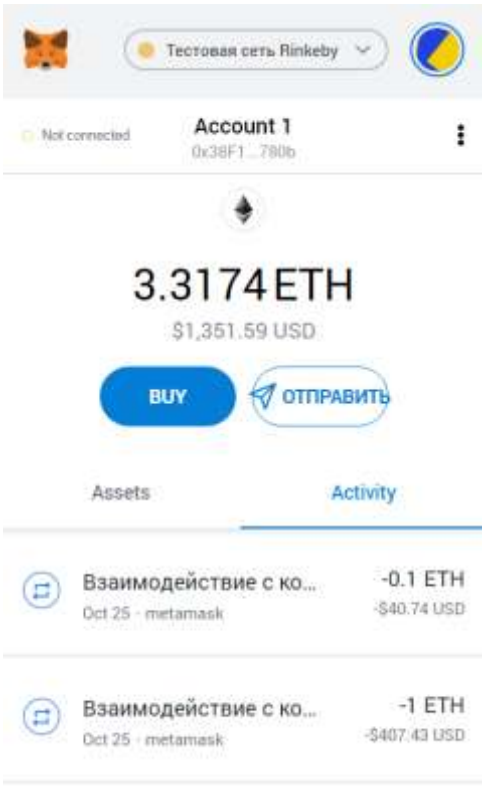
Тема 3. Продолжаем изучать Solidity. Rinkeby* и Metamask

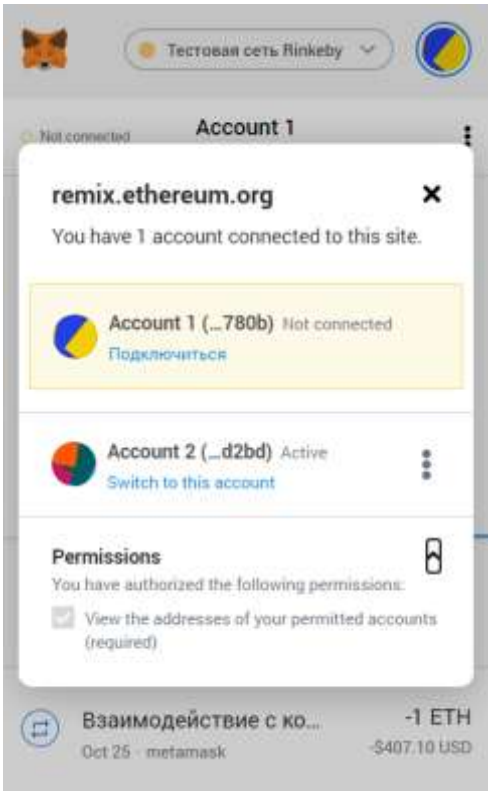
В этом задании мы продолжаем изучать язык **Solidity** для написания смарт-контрактов и среду **Remix,** а также будем запускать свои контракты в глобальной тестовой среде **Rinkeby** с помощью кошельков **MetaMask** .

Важное замечание, октябрь 2020 г.! Далее мы будем выполнять некоторые операции с **разных** счетов кошелька **MetaMask**. Если они пока не подключены к сайту http://remix.ethereum.org/**,** то подключим их сейчас.

Для этого нужно в браузере перейти на сайт **remix** и открыть счет кошелька **MetaMask** в **свернутом** виде. Под картинкой лисички видим строку «Not connected».

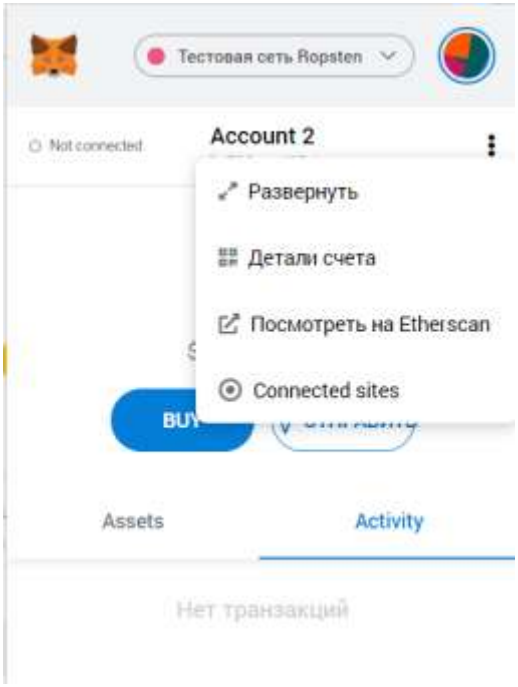
Щелкните мышкой по этой надписи и подключите кошелек к сайту:



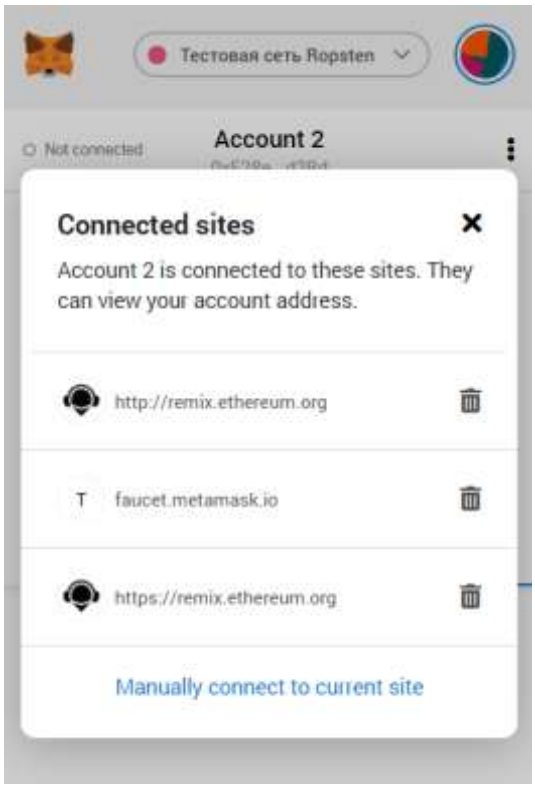


**Примечание: можно использовать вместо Rinkeby любую другую тестовую сеть.*

Также может быть полезным пункт меню «Connected sites»:



Здесь можно посмотреть подключенные сайты, отключиться от них, либо вручную подключиться к текущему сайту.



Безымянная платежная функция для смарт-контрактов

Для того чтобы на контракт можно было перевести эфиры, как на обычный кошелек, требуется создать в нем следующую **безымянную** функцию:

```
function () external payable {
}
```

После этого на данный смарт-контракт можно переводить эфиры.

Если же нужно **запретить** явный перевод эфиров на смарт-контракт, то нужно внутрь этой функции данного контракта поместить вызов:

```
revert();
```

Именованные платежные функции для смарт-контрактов

Часто возможностей безымянной платежной функции бывает недостаточно, тогда можно создать любое количество **именованных** платежных функций. **Следует заметить, что для таких функций невозможно задать возвращаемое значение произвольного типа!** Поэтому в качестве результата вызова функции можно, например, инициировать событие, а события всегда записываются в логи контракта. Рассмотрим следующий пример:

```
16      event PaymentEvent(string message, string returnValue);
17
18      function doPayment() public payable
19      {
20          require(msg.value >= 0.01 ether);
21          emit PaymentEvent("payment was sent", myText);
22      }
```

В строке 16 объявлено событие **PaymentEvent**, оно имеет 2 строковых параметра.

Функция **doPayment** объявлена с модификатором **payable**, поэтому она может принимать платежи.

Вызов функции **require(условие)** проверяет истинность условия и если условие не выполняется, то прекращает выполнение работы. В нашем

примере предполагаем, что сумма платежа должна быть не менее одной сотой эфира.

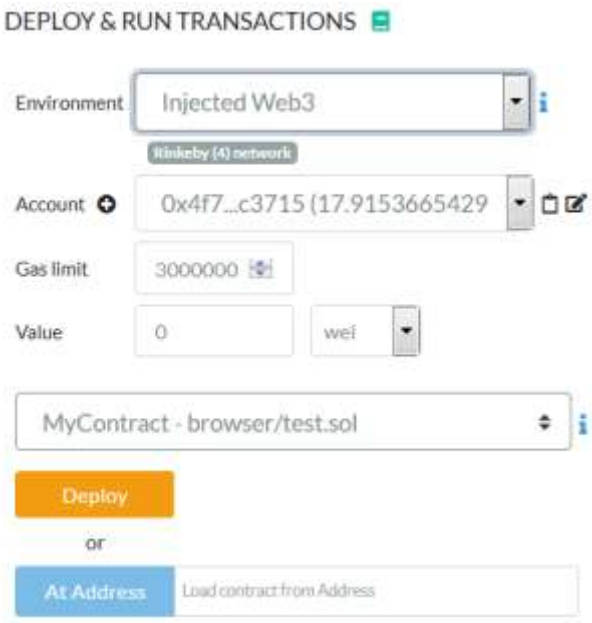
Далее команда **emit** инициирует событие **PaymentEvent** с заданными параметрами.

Полностью код контракта следующий:

Home | test.sol

```
pragma solidity ^0.5.1;

contract MyContract{
    address payable creator;
    uint myNumber;
    string myText;

    constructor() public {
        creator=msg.sender;
        myNumber=3;
        myText="ABC";
    }
    function () external payable {
    }

    event PaymentEvent(string message, string returnValue);

    function doPayment() public payable
    {
        require(msg.value >= 0.01 ether);
        emit PaymentEvent("payment was sent", myText);
    }
    function getCreator() public view returns (address) {
        return creator;
    }
    function getNumber() public view returns (uint256) {
        return myNumber;
    }
    function setMyNumber(uint256 num) public {
        myNumber=num;
    }
    function kill() public {
        if(msg.sender == creator) {
            selfdestruct(creator);
        }
    }
}
```

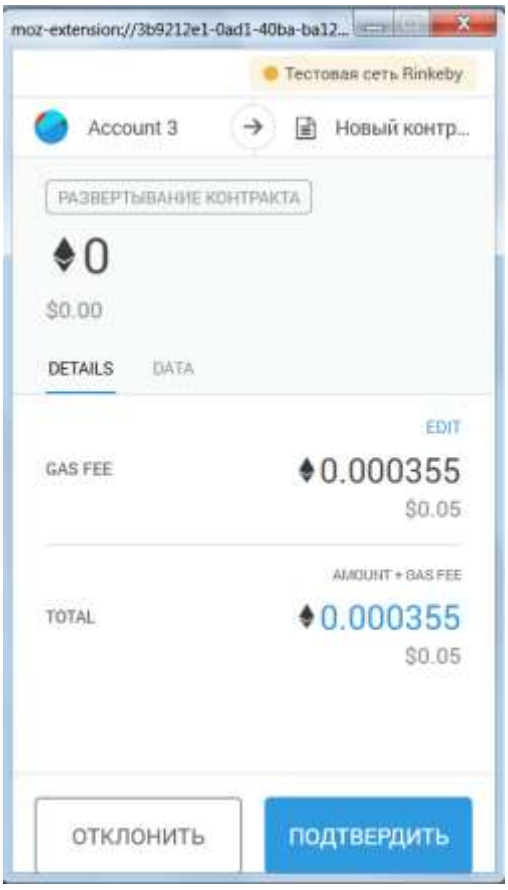
Откомпилируем контракт. Далее для запуска выберем в качестве среды **Injected Web3,** под списком указано, что тестовая сеть **Rinkeby** является текущей сетью на данный момент. Информация о текущей сети берется из **Metamask.**

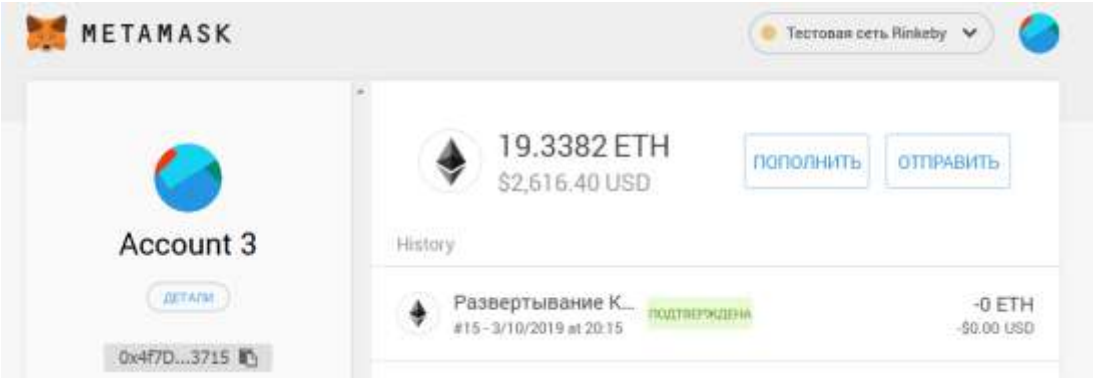


Если информации о текущей сети нет, проверьте, активен ли кошелек **MetaMask**.

При нажатии в среде **Remix** на кнопку **Deploy** появится окно с запросом к **текущему** кошельку (здесь это **Account3**) о запуске контракта.

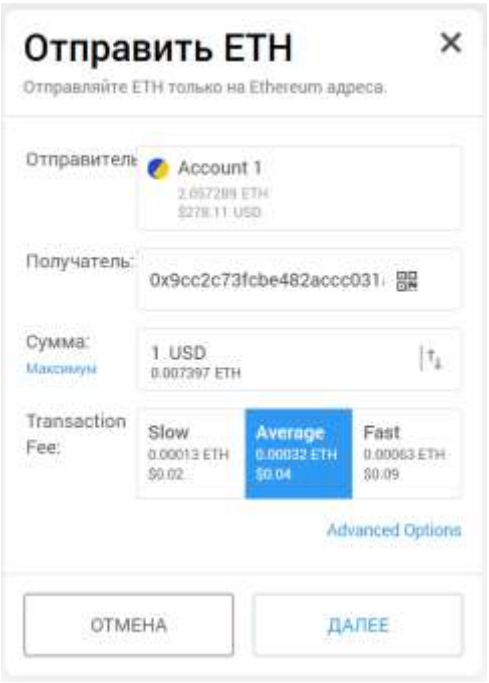
Обратите внимание, что эфиры в данной операции не перечисляются (сумма = 0), но запрашивается платеж в 5 центов за запуск контракта. Подтвердите платеж. Текущий счет стал создателем контракта, в его истории появилась строка о развертывании контракта (детали всех транзакций можно всегда посмотреть на **EtherScan**).

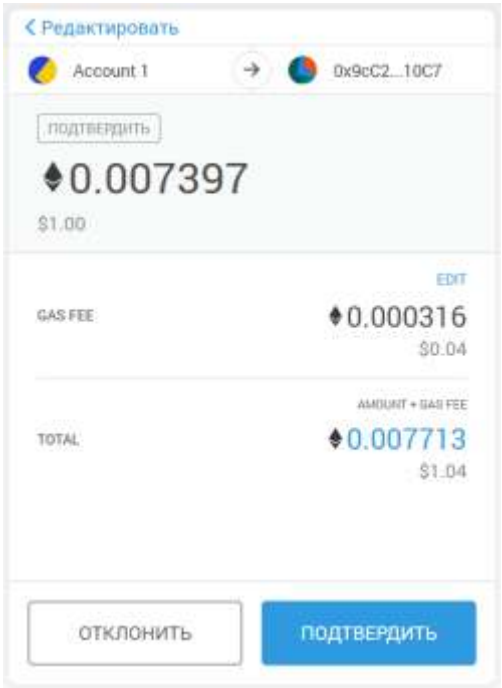




Далее протестируем основные операции контракта.

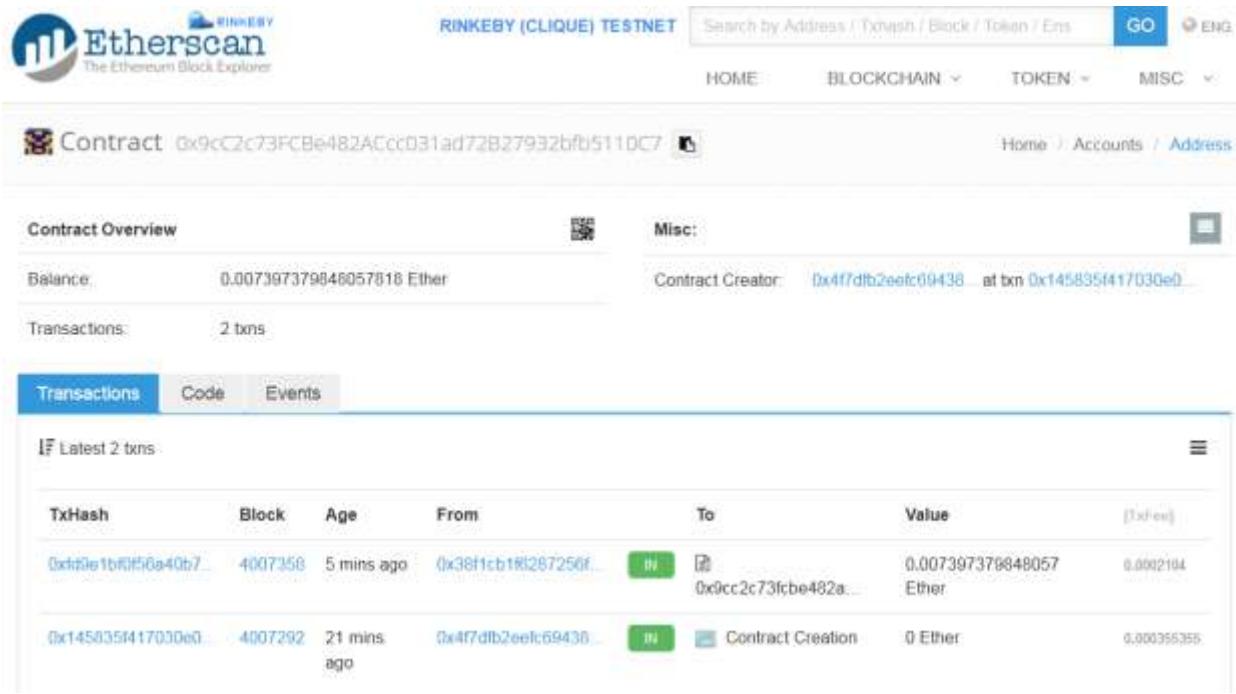
1. Попробуем просто перечислить эфиры на счет контракта. Проведем эту транзакцию с другого счета. (Обратите внимание, мы здесь можем переслать и менее 0.01 эфира)





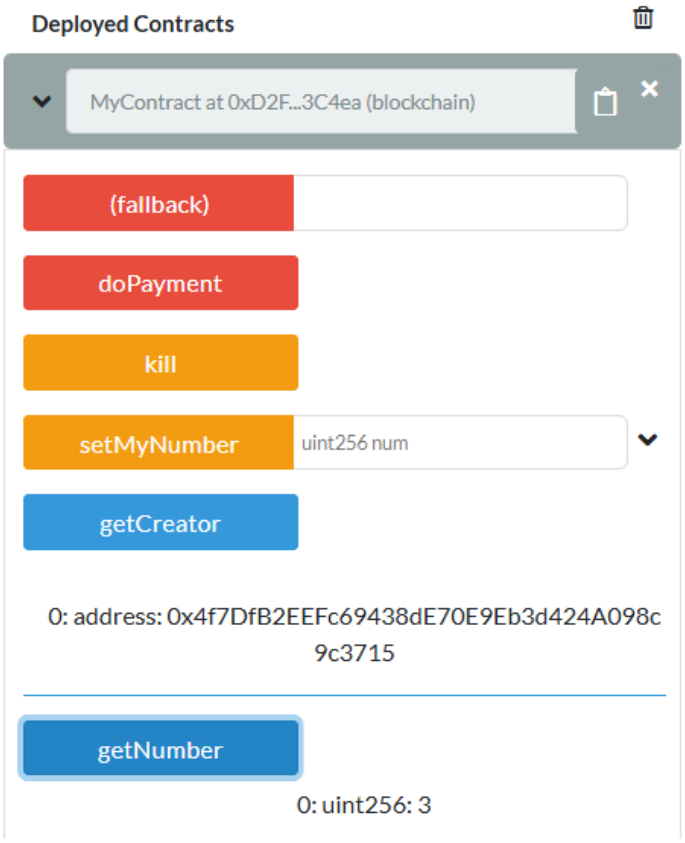
Запрашивается подтверждение, и операция выполняется.

Посмотрим историю контракта на **EtherScan**:



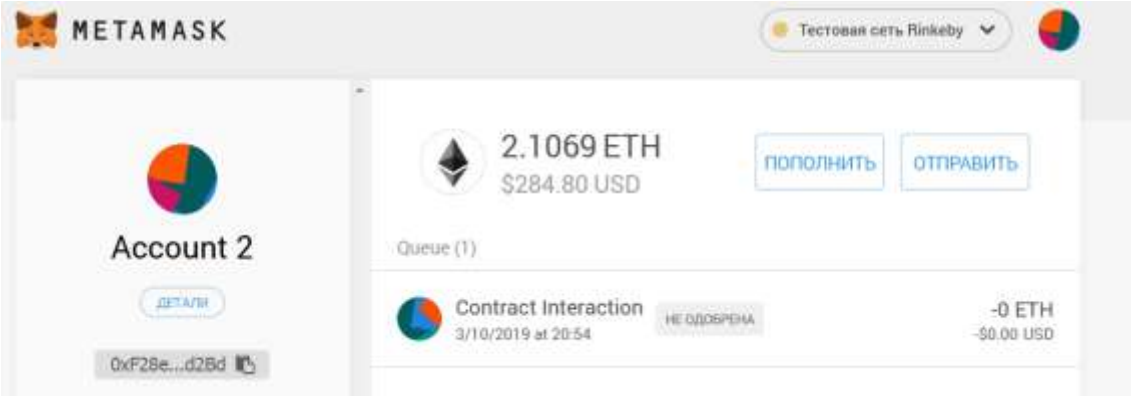
2. Теперь попробуем из среды **Remix** вызвать разные функции контракта.

Вызвать функции **getCreator** и **getNumber** можно бесплатно.

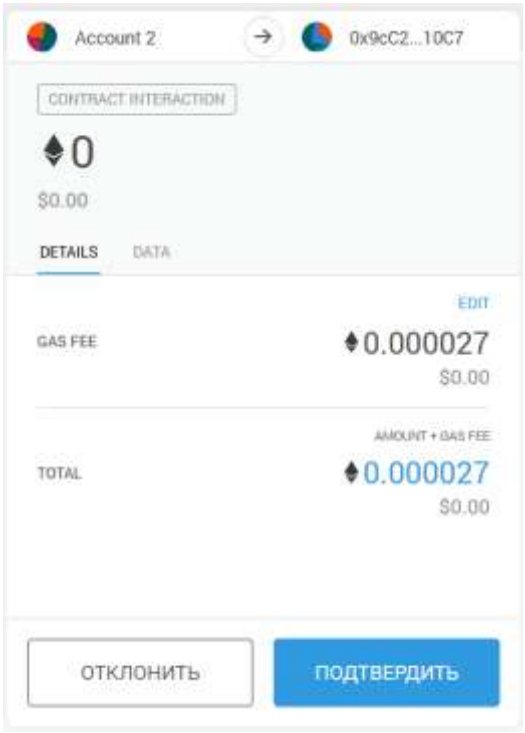


Перед вызовом функции **setMyNumber** установим в **MetaMask** в качестве активного счета **Account2.**

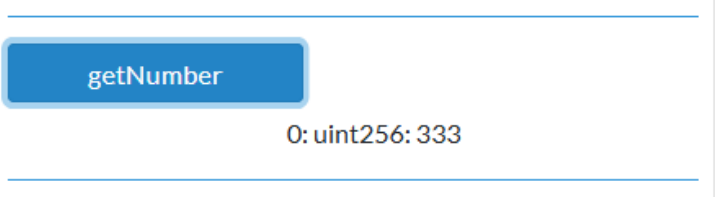
При вызове **setMyNumber** будет запрашиваться оплата этого действия. Если не было всплывающего окна, то переключимся в MetaMask:



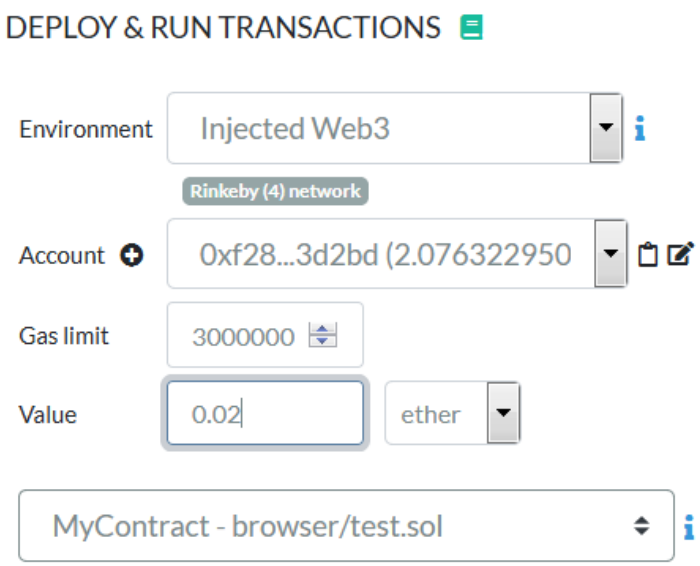
Здесь висит неподтвержденная транзакция, подтвердим ее:



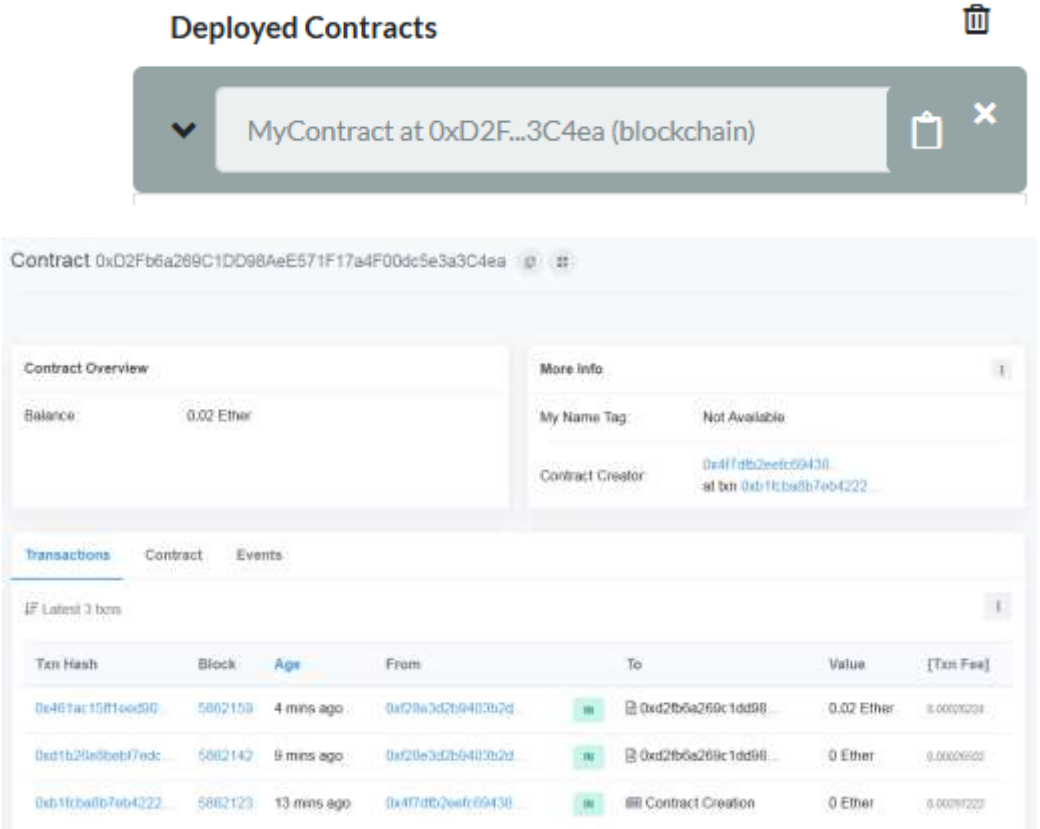
После прохождения транзакции функция **getNumber** будет возвращать новое значение:



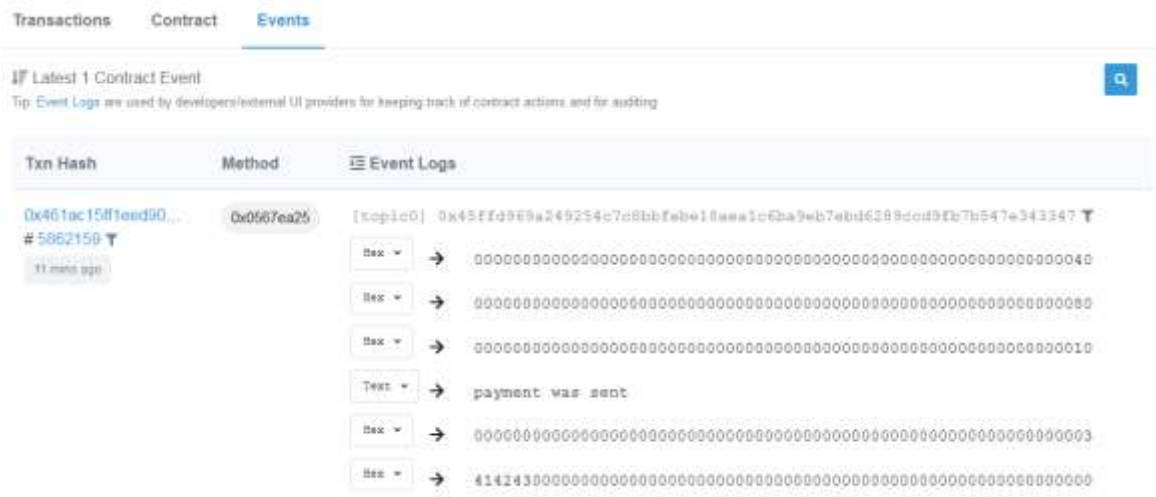
Для вызова именованной платежной функции **doPayment** сумму, которую требуется перечислить, нужно предварительно указать в поле **Value** (обращайте внимание на единицу измерения рядом с полем Value!)**:**



Историю операций по контракту можно всегда посмотреть на **Etherscan. Н**омер контракта можно найти и скопировать здесь:



А на вкладке Events можно посмотреть информацию о событиях:



Если мы захотим уничтожить контракт (а это может выполнить только создатель контракта), весь его баланс будет перечислен на счет создателя контракта. Обратите внимание, что другие счета тоже могут вызывать функцию **kill**, и с них за это будет взиматься плата, но уничтожить контракт они не смогут – у них нет на это прав.

После уничтожения контракта его переменные, в том числе адрес создателя, обнуляются. Тем не менее, он остается в истории **Ethereum** – видимо, навечно. Кстати, его функции можно вызвать, хотя это и не имеет смысла (хотя плата за вызов соответствующих функций, разумеется, берется).

Задание для самостоятельной работы

1. Создайте пример контракта, содержащего:

- бесплатные и платные функции,
- безымянную платежную функцию,
- именованную платежную функцию,
- объявление и вызов пользовательского события.

Запустите контракт в тестовой среде **Rinkeby.** Проведите платеж с другого счета. Вызовите бесплатные и платные функции. Уничтожьте контракт.

В следующий раз мы будем обращаться к методам контракта из сценариев JavaScript. Поэтому:

2. Изучите основы JavaScript по какому-нибудь базовому учебнику, например: http://www.wisdomweb.ru/JS/javascript-first.php
3. Установите на свой компьютер Web-сервер (любой). Здесь даже подойдет отладочный Web-сервер для приложений ASP.Net.

Тема 4. Интерфейс для смарт-контрактов на JavaScript

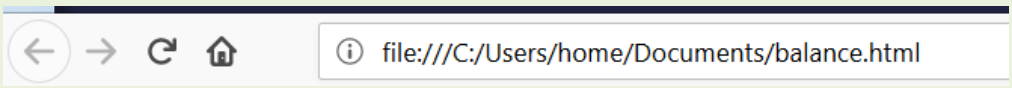
Для того чтобы представленные примеры корректно выполнялись, нужно установить расширение MetaMask Legacy Web3:
https://chrome.google.com/webstore/detail/metamask-legacy-web3/dgoegggfhkapjphahmgihfgemkgecdgl

В этом задании мы рассмотрим, как из **HTML**-страниц, а точнее из клиентских сценариев **JavaScript** обращаться к смарт-контрактам.

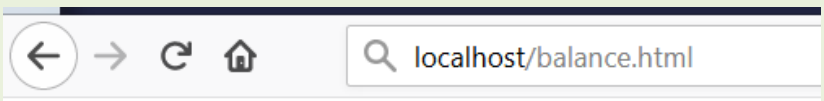
Напрямую из **JavaScript** к сети **Ethereum** обращаться невозможно, нужно использовать «посредника», например, узел **Web3.js**. В нашем случае он встроен в расширение браузера **MetaMask**.

Важное замечание:

для тестирования всех примеров из этого параграфа, которые обращаются к встроенному **Web3.js**, следует просматривать HTML-страницу не из файловой системы:



а в локальном режиме web-сервера:



Можете установить любой Web-сервер, или использовать уже установленный.

Например, очень прост и компактен Web-сервер **nginx**. Его даже не требуется устанавливать, достаточно только разархивировать.
Если порт 80 занят, в файле конфигурации **nginx.conf** поменяйте порт, например, на 82 (и перезапустите сервер)

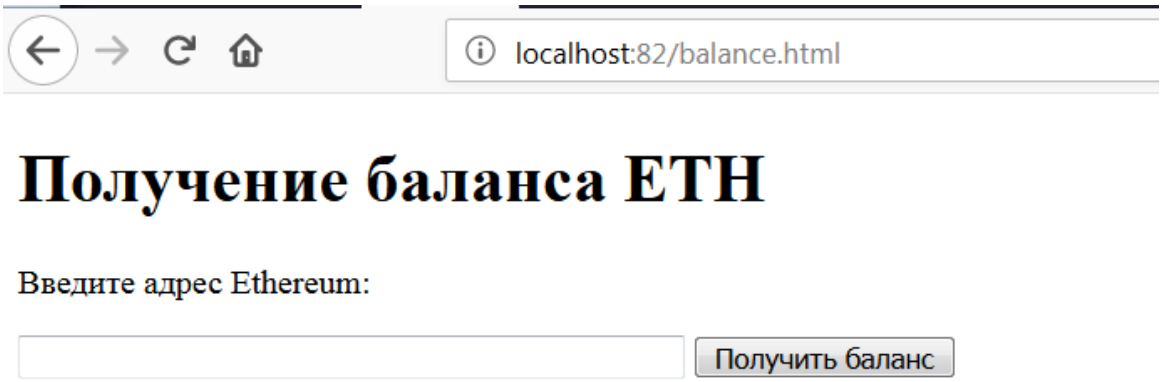
```
server {
      listen      82;
      server_name  localhost;
      # итп.
}
```

Тогда сервер будет доступен по ссылке: http://localhost:82

Для остановки сервера выполняйте команду **nginx –s stop**

Подробнее см. http://nginx.org/ru/docs/beginners_guide.html

1. Рассмотрим и запустим следующий пример, который получает баланс любого счета по его номеру:




```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
    <meta charset="UTF-8">

    <script type="text/javascript">

window.addEventListener('load', function() {
// Современные  dapp браузеры...
if (window.ethereum) {
   window.web3 = new Web3(ethereum);
}
// Устаревшие dapp браузеры...
else if (window.web3) {
```

```
15      window.web3 = new Web3(web3.currentProvider);
16  }
17  // Non-dapp браузеры...
18  else {
19      console.log('Ваш браузер не поддерживает Ethereum! Установите
    расширение MetaMask!');
20  }
21  });
22  function getBalance() {
23      var address, wei, balance
24      address = document.getElementById("address").value
25      try {
26          web3.eth.getBalance(address, function (error, wei) {
27            if (!error) {
28              var balance = web3.fromWei(wei, 'ether');
29              document.getElementById("output").innerHTML = balance + "
    ETH";
30            }
31          });
32        } catch (err) {
33              document.getElementById("output").innerHTML = err;
34        }
35    }
35      </script>
37  </head>
38  <body>
39      <h1>Получение баланса ETH</h1>
40      <p>Введите адрес Ethereum:</p>
41      <input type="text" size="50" id="address" />
42      <button      type="button"      onClick="getBalance();">Получить
    баланс</button>
43      <br />
44      <br />
45      <div id="output"></div>
46  </body>
47  </html>
```

В строках 8-20 задается безымянная функция – обработчик события **load** (загрузка страницы). Здесь мы проверяем, встроен ли **web3** в браузер, и выдаем сообщение в случае неудачи. Обратите внимание, как создается объект в новых и старых браузерах.

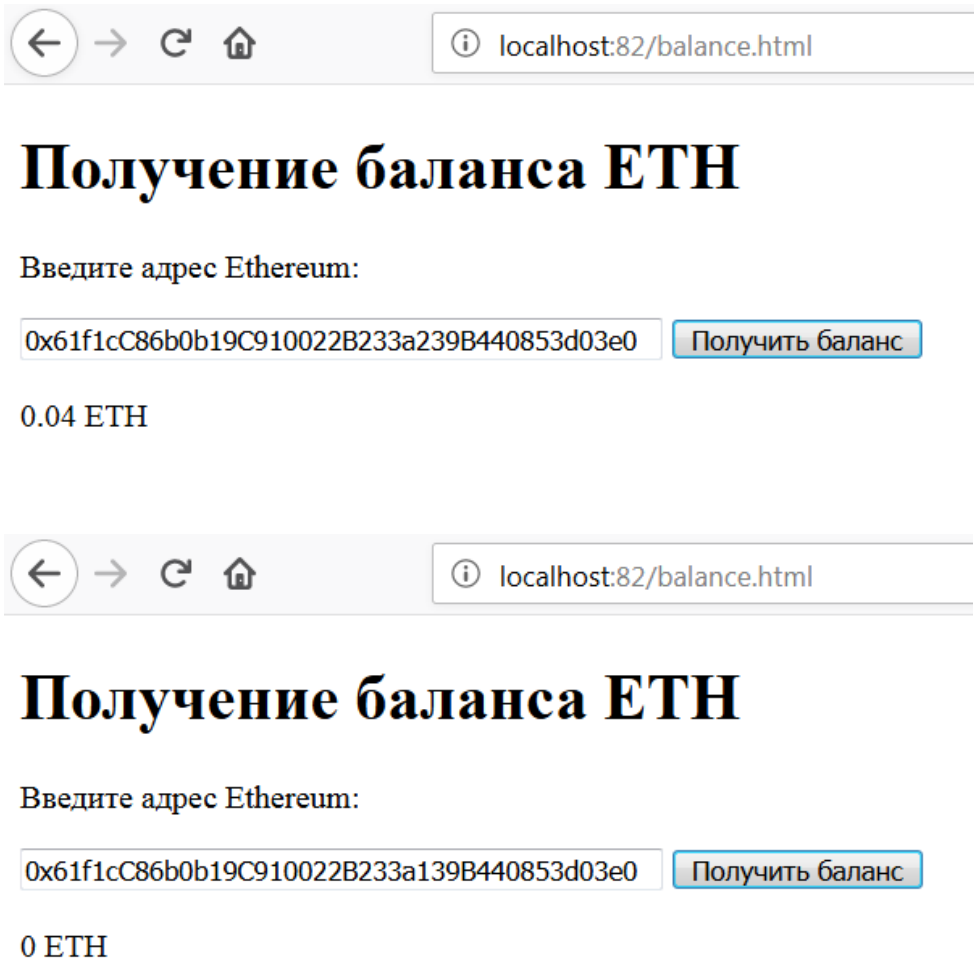
HTML-документ содержит текстовое поле **address** и кнопку. При нажатии на кнопку вызывается функция **getBalance**, заданная в строках 22-35.

В этой функции мы записываем в переменную **address** номер интересующего нас счета, а затем хотим получить его баланс, вызывая функцию **web3.eth.getBalance.**

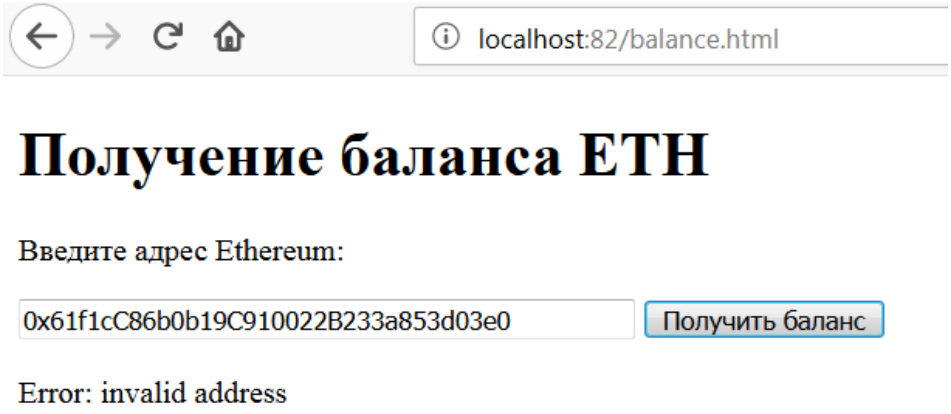
Второй параметр этой функции – это так называемая *callback*-функция, или функция обратного вызова (она тоже безымянная). Она запускается после того, как произойдет возврат из функции **web3.eth.getBalance.** В

ней выполняется преобразование суммы баланса в эфиры и вывод полученного числа на экран.

Обратите внимание, что в данном примере не проверяется, существует ли на самом деле счет с заданным адресом. Главное – чтобы формат счета был правильным. Для несуществующих счетов будет выдаваться нулевой баланс.



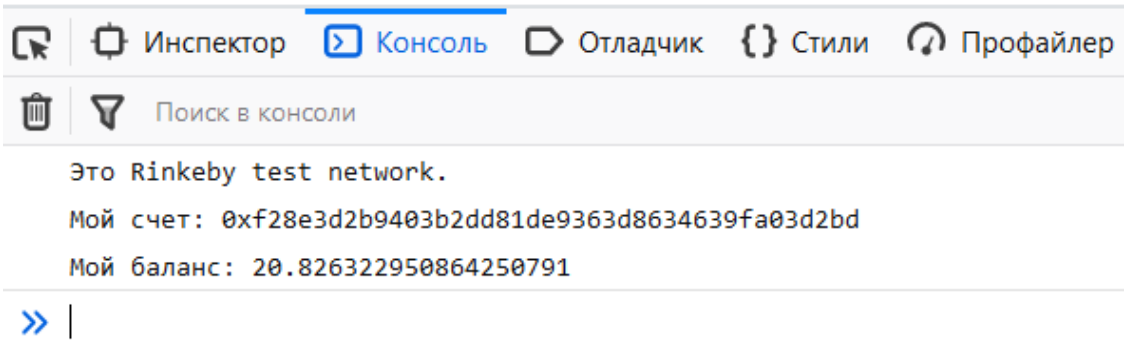
А вот если мы зададим **неправильный** формат счета (например, меньшее или большее количество символов), то будет вызвано исключение и напечатано сообщение об ошибке.



2. Удобным средством отладки является консоль браузера (*в Firefox это меню «Инструменты – Веб-разработка – Веб-консоль», в Google Chrome – «Дополнительные инструменты – Инструменты разработчика»*).

В следующем примере мы определяем:

- **тип** текущей сети,
- **номер и**
- **баланс** своего текущего счета (открытого в браузере).




```
1   <HTML>
2   <HEAD>
3   <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
    charset=utf-8">
4   <TITLE></TITLE>
5   <script language="JavaScript">
6   window.addEventListener('load', async() => {
7      // Современные  dapp браузеры...
8      if (window.ethereum) {
9         window.web3 = new Web3(ethereum);
10       // Запрашивается доступ к счетам в Metamask
11        // await ethereum.enable();
12     }
13     // Устаревшие dapp браузеры...
14      else if (window.web3) {
```

```
15        window.web3 = new Web3(web3.currentProvider);
16      }
17     // Non-dapp браузеры...
18      else {
19        console.log ('Ваш браузер не поддерживает Ethereum!
    Установите расширение MetaMask!');
20             }
21
22  web3.version.getNetwork(function (err, netId) {
23    switch (netId) {
24      case "1":
25        console.log ('Это основная сеть')
26        break
27      case "2":
28        console.log ('Это устаревшая Morden test network.')
29        break
30      case "3":
31        console.log ('Это ropsten test network.')
32        break
33      case "4":
34        console.log ('Это Rinkeby test network.')
35        break
36      case "42":
37        console.log ('Это Kovan test network.')
38        break
39      default:
40        console.log ('Это неизвестная сеть.')
41    }
42  });
43
44  web3.eth.getAccounts(function (err,acc){
45      if(err){
46          console.log ('error.............',err);
47      }
48      console.log ("Мой счет: "+ acc[0]);
49
50       web3.eth.getBalance(acc[0],function (err, bal){
51            if(err){
52                 console.log('error.............',err);
53            }
54            console.log("Мой баланс: "+ web3.fromWei(bal,
    'ether'));
55       });
56
57  });
58
59  });
60
61  </script>
62
63  </HEAD>
64  <BODY>
65  Тест веб-консоли
66  </BODY>
67  </HTML>
```

Как и ранее, все 3 вызываемые функции **web3.version.getNetwork, web3.eth.getAccounts, web3.eth.getBalance** требуют назначения *callback*- функций в качестве своих параметров.

В строках 11-12 закомментированы устаревшие действия:

```
// await ethereum.enable();
```

Если нам нужно было в сценарии обращаться к кошельку **Metamask**, ранее требовалось предварительно получить разрешение пользователя. На экран выводилось окно, в котором можно разрешить или запретить доступ. Разумеется, если пользователь не разрешал доступ, сценарий не получал информацию о номере и балансе текущего счета Metamask.

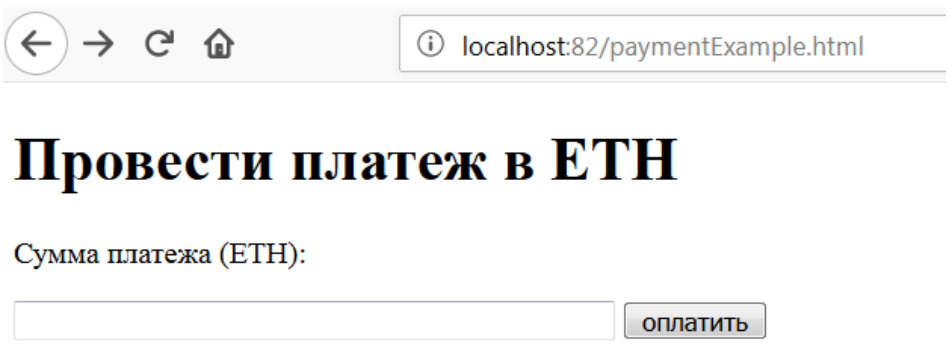
Обратите также внимание, что команда **await** вызывалась в асинхронном обработчике загрузки страницы (строка 6):

```
window.addEventListener('load', async() => {
```

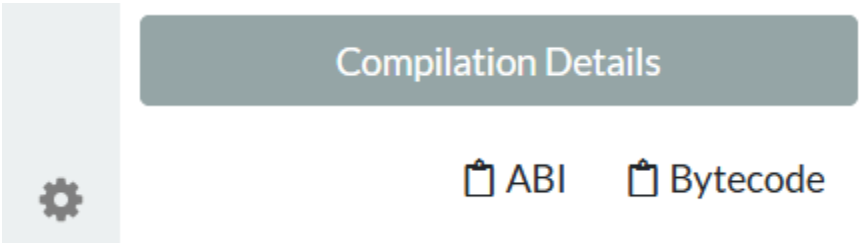
3. Теперь будем тестировать платежную функцию, которую мы написали на предыдущем занятии.

```
16      event PaymentEvent(string message, string returnValue);
17
18      function doPayment() public payable
19      {
20          require(msg.value >= 0.01 ether);
21          emit PaymentEvent("payment was sent", myText);
22      }
```

Так выглядит форма для платежа:



Прежде всего, нам будут нужны адрес и ABI (описание структуры) контракта. ABI можно скопировать в Remix на панели компиляции в самом низу:



Создадим соответствующие переменные для ABI и адреса контракта в сценарии:

```
1     <!DOCTYPE html>
2     <html>
3     <head>
4     <meta charset="UTF-8">
5     <script type="text/javascript">
6     var abi =  [
7           {
8                 "anonymous": false,
9                 "inputs": [
10                      {
11                            "indexed": false,
12                            "internalType": "string",
13                            "name": "message",
14                            "type": "string"
15                      },
...
95    ];
96
97    var address = "0xf567d22C7b32b5D7ecC00C62D471F28a17ACE993";
98
99    window.addEventListener('load', async() => {
100      // Современные  dapp браузеры...
101      if (window.ethereum) {
102         window.web3 = new Web3(ethereum);
103        // Запрашивается доступ к счетам в Metamask
104         // await ethereum.enable();
105       }
106      // Устаревшие dapp браузеры...
107       else if (window.web3) {
108         window.web3 = new Web3(web3.currentProvider);
109       }
110      // Non-dapp браузеры...
111       else {
112         console.log('Ваш браузер не поддерживает Ethereum!
      Установите расширение MetaMask!');
113               }
```

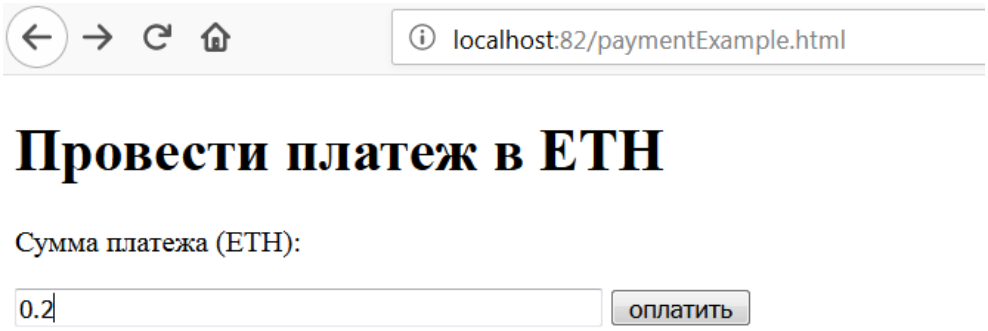
```
114  });
115
116  function paymentExample() {
117       web3.eth.getAccounts(function(error, acc)
118            {
119            defaultAccount=acc[0];
120            console.log("defaultAccount="+defaultAccount);
121            contract = web3.eth.contract(abi).at(address);
122            console.log(contract);
123            sum = document.getElementById("sum").value;
124            sum = web3.toWei(sum, 'ether');
125            contract.doPayment.sendTransaction(
126                 {
127                 from: defaultAccount,
128                 value: sum
129                 },
130                 function(error, data) {
131                       if(error!=null) console.log(error);
132                        console.log("Data="+data);
133                 });
134       });
135  }
136
137  </script>
138  </head>
139  <body>
140      <h1>Провести платеж в ETH</h1>
141      <p>Сумма платежа (ETH):</p>
142      <input type="text" size="50" id="sum" />
143      <button type="button" onClick=" paymentExample();">
     оплатить</button>
145
145  </body>
146  </html>
```

В этом сценарии созданная нами функция **paymentExample:**

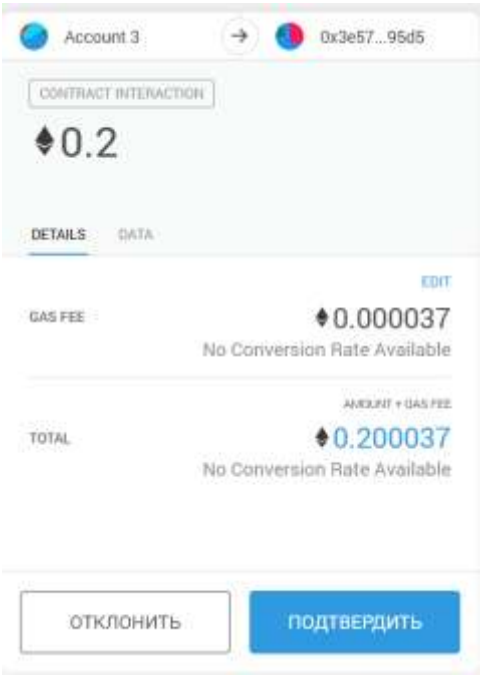
- получает текущий счет для оплаты (из MetaMask);
- печатает в консоль номер текущего счета;
- создает переменную-контракт по заданному адресу и ABI;
- печатает в консоль информацию о контракте;
- получает из поля формы сумму платежа (в эфирах) и переводит в самую мелкую единицу wei (1 эфир = 10^{18} wei);
- вызывает функцию контракта `doPayment;` поскольку это платежная функция, она вызывается как `doPayment.sendTransaction`. В эту функцию нужно передать JSON-объект, содержащий, как минимум, номер счета-плательщика и сумму контракта;
- печатает в консоль номер проведенной транзакции.

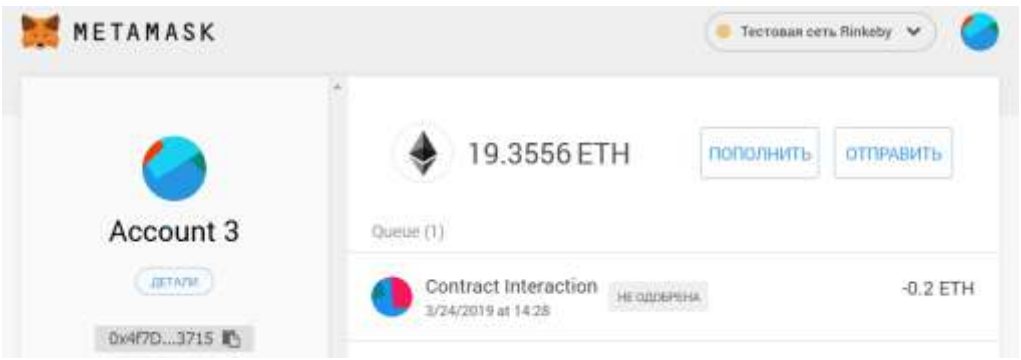
Наш контракт был запущен от имени какого-либо счета, в кошельке MetaMask переключимся к другому счету.

Загрузим эту страницу в браузере и заполним сумму:

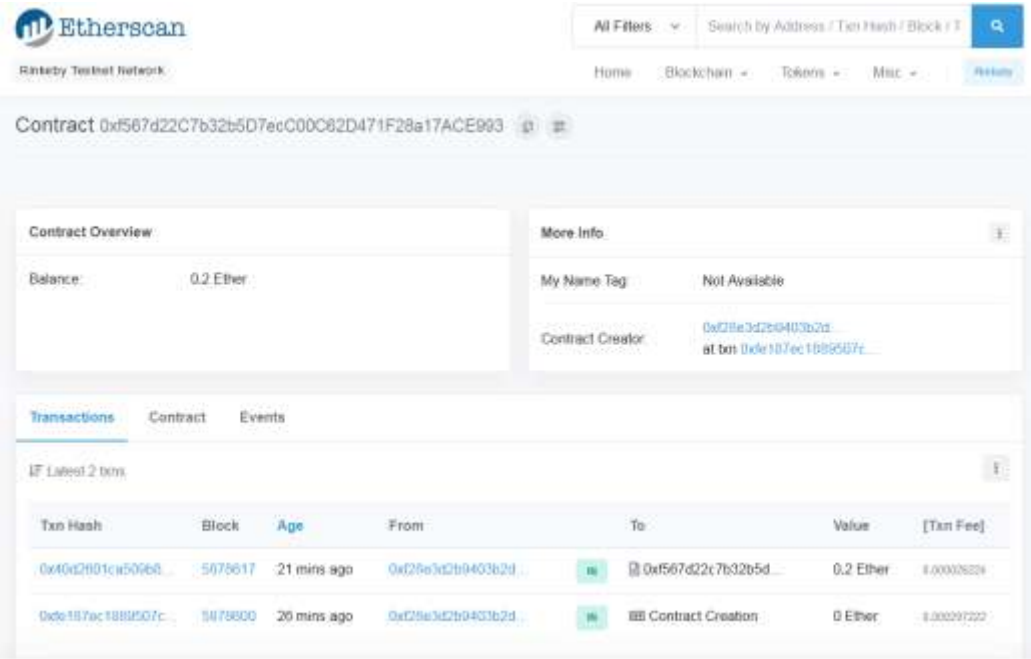


При нажатии на кнопку «**оплатить**» будет запущена транзакция от имени текущего счета, поэтому ее надо будет подтвердить в MetaMask:

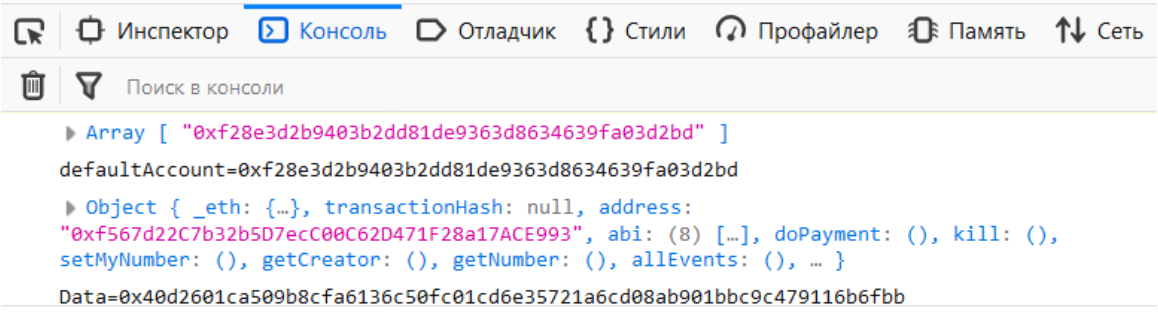




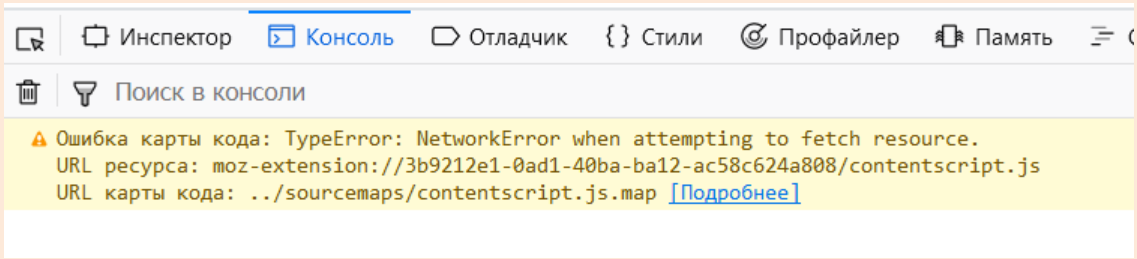
Посмотрим информацию о контракте в Etherscan:



В процессе выполнения данного сценария в консоли браузера (Firefox) были распечатаны следующие данные: текущий счет, контракт и возвращенный из функции **doPayment** номер транзакции:

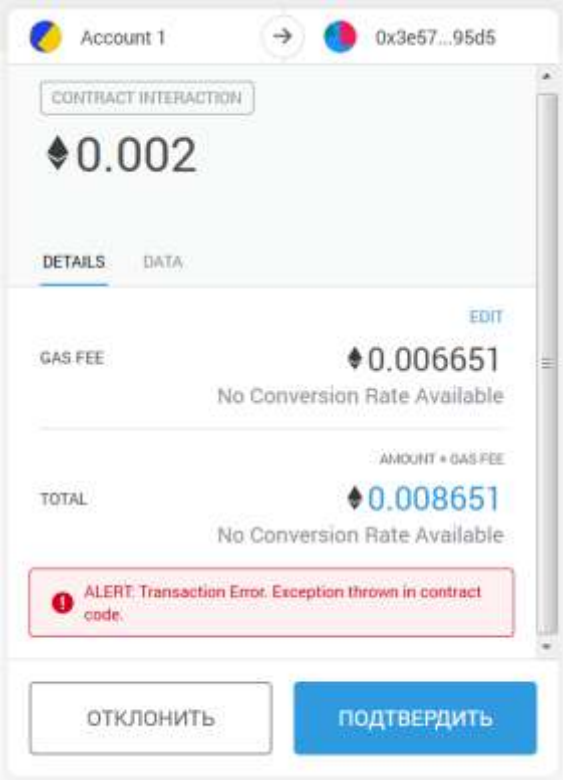


Примечание: при работе в **Firefox** в консоли может выдаваться ошибка:

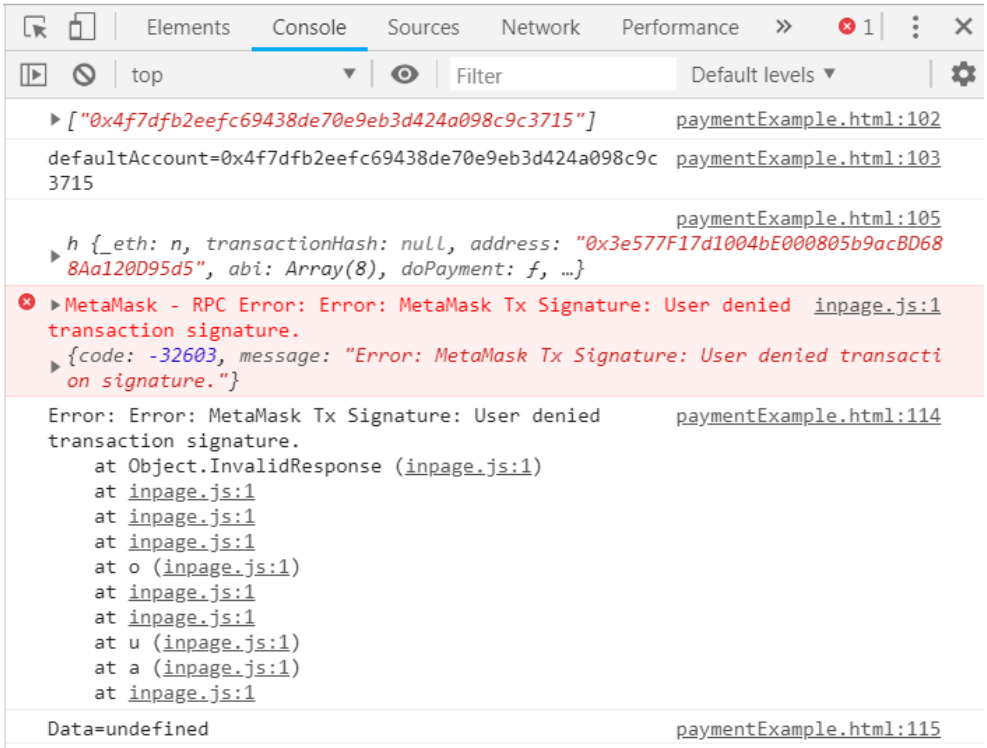


На выполнение сценария она не влияет. В **Google Chrome** такой ошибки нет.

Теперь попробуем провести платеж на сумму меньше чем 0.01 эфира (на этот случай в методе контракта **doPayment** у нас есть проверка). Такая попытка вызовет ошибку в кошельке MetaMask:



Отклоним эту транзакцию, информация об этом будет отражена в консоли браузера (в примере приведена консоль браузера **Google Chrome**).



Задание для самостоятельной работы

Протестируйте все примеры из данного занятия.

Теперь вы уже можете разрабатывать собственные контракты. Выберите какую-нибудь тему из списка или предложите свою:

- Смарт-контракт для голосования.
- Смарт-контракт для подтверждения авторских прав.
- Смарт-контракт для продажи цифрового контента.
- Смарт-контракт для приема произвольных платежей.
- Смарт-контракт для оплаты счетов.
- Смарт-контракт для заключения пари.
- Смарт-контракт для хранения дипломов.
- Смарт-контракт для протекции сделки третьей стороной.
- Смарт-контракт для сделки с мультиподписями.
- Смарт-контракт для ... тему студент может выбрать сам, но ее нужно предварительно обсудить с преподавателем.

Следует разработать функции минимум для двух ролей – владелец контракта и пользователь контракта. В контракте должны присутствовать сложные типы данных. В контракте желательно использовать платежные функции.

1. Сформулируйте постановку задачи к следующему занятию.
2. До конца семестра разработайте контракт и протестируйте его на платформе Remix + MetaMask + JavaScript.

Приложение. Контракт для продажи промокодов

Цель:– создать контракт для продажи промокодов с web-страницы.

Пользователи:

- администратор,
- покупатель.

Функции администратора:

- создание контракта,
- задание новых промокодов,
- уничтожение контракта.

Функции покупателя:

- оплата промокода,
- получение оплаченного промокода.

Переменные контракта:

- адрес создателя контракта (администратора),
- текущий промокод,
- хэш-таблица оплаченных промокодов (ключ – адрес плательщика, значение – сам промокод).

Задание нового промокода может выполнить администратор в любой момент, старые промокоды не хранятся.

Покупатель **оплачивает** промокод, пересылая сумму не менее 0.01 eth. При этом в хэш-таблицу оплаченных промокодов добавляется новый элемент (или изменяется старый): ключ – адрес плательщика, значение – сам промокод.

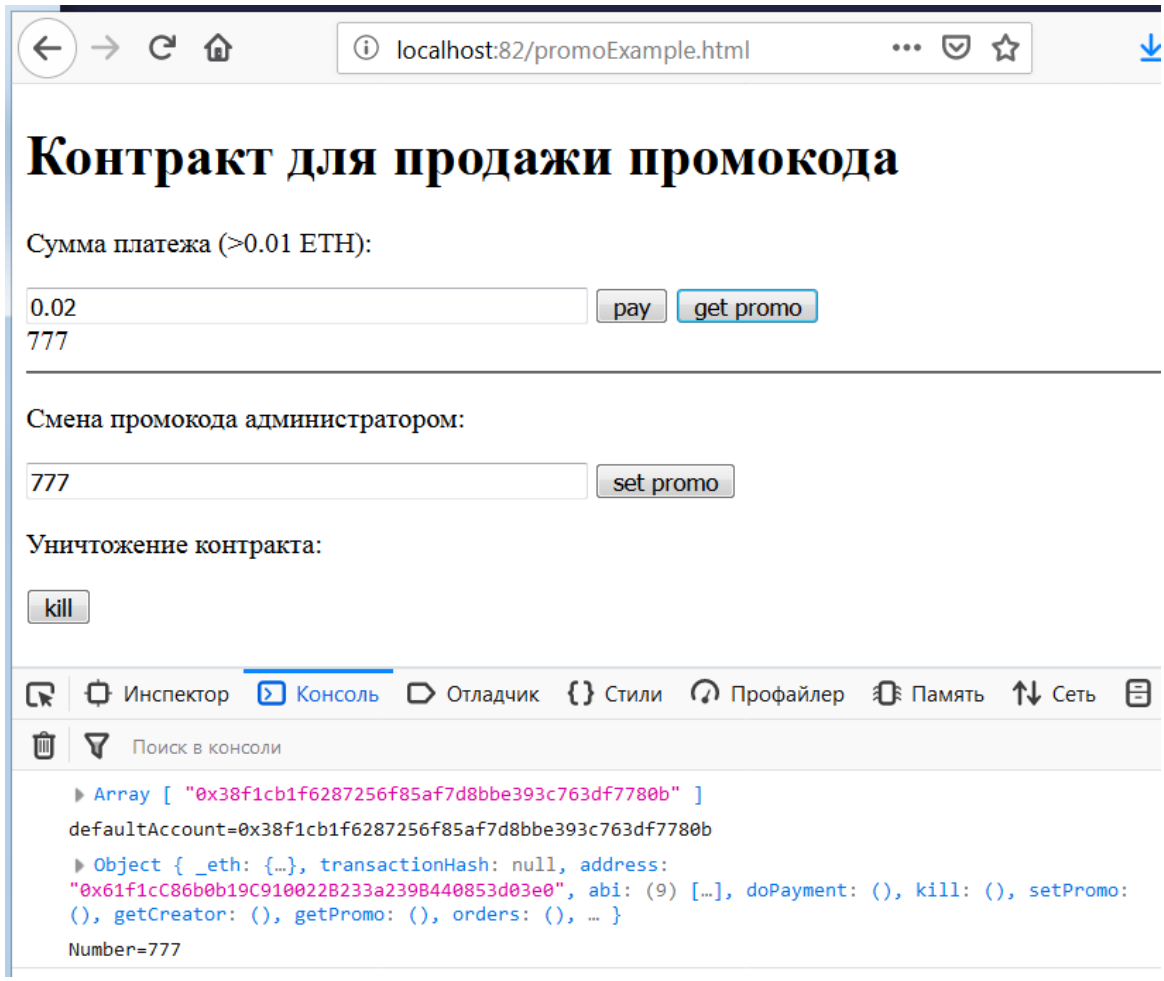
После оплаты промокода покупатель может **неограниченное** число раз вызвать функцию получения оплаченного промокода (пока администратор не изменит промокод на новый). При вызове функции получения контракта проверяется, чему равно значение элемента хэш-таблицы с ключом-адресом. Если оно **равно текущему** промокоду, это значит, что с данного адреса поступила оплата этого промокода, **возвращается** значение промокода.

Переводить оплату непосредственно на счет контракта запрещается.

Удалить контракт может только его создатель. При удалении контракта все накопленные на нем эфиры переводятся на счет создателя контракта.

```
pragma solidity ^0.5.1;

contract MyContract{
     address payable creator;
     uint myPromo;
     mapping(address => uint) public orders;

     constructor() public {
          creator=msg.sender;
          myPromo=123;
     }
     function () external payable {
    }

    function getPromo() public view returns(uint)
    {
        require(orders[msg.sender] == myPromo);
        return myPromo;
    }

    event PaymentEvent(string message);

     function doPayment() public payable
     {
          require(msg.value >= 0.01 ether);
          orders[msg.sender]=myPromo;
          emit PaymentEvent("payment was sent");
     }
     function getCreator() public view returns (address) {
          return creator;
     }
     function setPromo(uint promo) public {
          if(msg.sender == creator) {
          myPromo=promo;
          }
     }
```

```
    function kill() public {
        if(msg.sender == creator) {
            selfdestruct(creator);
        }
    }
}
```



HTML-страница для тестирования контракта

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta charset="UTF-8">
<script type="text/javascript">
    var abi=[
    {
        "constant": false,
        "inputs": [],
        "name": "doPayment",
        "outputs": [],
```

```
            "payable": true,
            "stateMutability": "payable",
            "type": "function"
        },
        ...
];

var address = "0x61f1cC86b0b19C910022B233a239B440853d03e0";

window.addEventListener('load', async() => {
   // Современные  dapp браузеры...
   if (window.ethereum) {
      window.web3 = new Web3(ethereum);
     // Запрашивается доступ к счетам в Metamask
      await ethereum.enable();
    }
   // Устаревшие dapp браузеры...
    else if (window.web3) {
      window.web3 = new Web3(web3.currentProvider);
    }
   // Non-dapp браузеры...
    else {
      console.log ('Ваш браузер не поддерживает Ethereum!
Установите расширение MetaMask!');
            }
});

function paymentExample() {
     web3.eth.getAccounts(function(error, acc) {
          defaultAccount=acc[0];
          console.log(acc);
          console.log("defaultAccount="+defaultAccount);
          contract = web3.eth.contract(abi).at(address);
          console.log(contract);
          sum = document.getElementById("sum").value;
          sum = web3.toWei(sum, 'ether');
          contract.doPayment.sendTransaction(
               {
               from: defaultAccount,
               value: sum
               },
               function(error, data) {
                     if(error!=null) console.log(error);
                       console.log("Data="+data);
```

```
                });
        });
}

function kill() {
        web3.eth.getAccounts(function(error, acc) {
                defaultAccount=acc[0];
                console.log(acc);
                console.log("defaultAccount="+defaultAccount);
                contract = web3.eth.contract(abi).at(address);
                console.log(contract);
                contract.kill(function(error) {
                                console.log("Killed");
                        });
        });
}
function setPromo() {
        web3.eth.getAccounts(function(error, acc) {
                defaultAccount=acc[0];
                console.log(acc);
                console.log("defaultAccount="+defaultAccount);
                contract = web3.eth.contract(abi).at(address);
                console.log(contract);
                newPromo = document.getElementById("new").value;
                contract.setPromo(newPromo, function(error, data)
{
                                console.log("Number="+data);
                        });
        });
}

function getPromo() {
        web3.eth.getAccounts(function(error, acc) {
                defaultAccount=acc[0];
                console.log(acc);
                console.log("defaultAccount="+defaultAccount);
                contract = web3.eth.contract(abi).at(address);
                console.log(contract);
                contract.getPromo(function(error, data) {
                 console.log("Number="+data);
                 document.getElementById("newPromo").innerHTML  =
data;
                        });
        });
```

```
}


</script>
</head>
<body>
    <h1>Контракт для продажи промокода</h1>
    <p>Сумма платежа (>0.01 ETH):</p>
    <input type="text" size="50" id="sum" />
    <button type="button"
onClick="paymentExample();">pay</button>
    <button type="button" onClick="getPromo();">get
promo</button>
     <div id="newPromo"></div>
     <hr>
     <p>Смена промокода администратором:</p>
    <input type="text" size="50" id="new" />
    <button type="button" onClick="setPromo();">set
promo</button>
     <p>Уничтожение контракта:</p>
    <button type="button" onClick="kill();">kill</button>
</body>
</html>
```

Литература

1. **Дрешер Д.** Основы блокчейна: вводный курс для начинающих в 25 небольших главах / Даниэль Дрешер. - М.: ДМК Пресс, 2018. - 312 с.: ил.

2. **Свон М.** Блокчейн: схема новой экономики / Мелани Свон. - М.: Олимп-бизнес, 2017. - 240 с., ил. ISBN 978-5-9693-0360-7

3. **Поппер Н.** Цифровое Золото. Невероятная история биткойна или о том, как идеалисты и бизнесмены изобретают деньги заново / Натаниэль Поппер. - М.: Диалектика, 2016. - 75 с. ISBN 978-5-8459-2079-9

4. **Даннен К.** Введение в Ethereum и Solidity. Основы криптовалют и программирования блокчейнов для начинающих (перевод Dannen Ch. Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain, Programming for Beginners. – Apress, 2017.)

Интернет-ресурсы

MetaMask

https://metamask.io

Remix - Solidity IDE

http://remix.ethereum.org

Документация по Solidity

https://solidity.readthedocs.io/en/v0.5.4/

Учебник по JavaScript

http://www.wisdomweb.ru/JS/
javascript-first.php