

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

Кафедра химии почв

№ госрегистрации  
116011910185-8

УДК  
631.41 химические и физико-химические свойства почвы

ТАБЛИЦЫ И РИСУНКИ  
К ОТЧЕТУ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ по теме:

Органические и органо-минеральные соединения природных  
и техногенно-нарушенных экосистем

Москва 2016

Таблица 1 – Зависимость площади поверхности от размера зерен

| Длина стороны куба | Число кубов     | Суммарная поверхность, см <sup>2</sup> | Длина стороны куба | Число кубов      | Суммарная поверхность, см <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------------|--|--------------------|------------------|--|
| 1 см               | 1               | 6                                      | 1 мкм              | 10 <sup>12</sup> | 6·10 <sup>4</sup>                      |
| 1 мм               | 10 <sup>3</sup> | 6·10 <sup>1</sup>                      | 0,1 мкм            | 10 <sup>15</sup> | 6·10 <sup>5</sup>                      |
| 0,1 мм             | 10 <sup>6</sup> | 6·10 <sup>2</sup>                      | 0,01 мкм           | 10 <sup>18</sup> | 6·10 <sup>6</sup>                      |
| 0,01 мм            | 10 <sup>9</sup> | 6·10 <sup>3</sup>                      | 10Å                | 10 <sup>21</sup> | 6·10 <sup>7</sup>                      |

Таблица 2 – Классификация нефтяных сорбентов по исходному сырью

| Неорганические сорбенты                               |                                  | Органические сорбенты   |   |                                  |                                      |
|---|----------------------------------|-------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|
| Естественные минералы                                 | Искусственные минералы           | Каустобиолиты           | Природное сырье растительного и животного происхождения и отходы их переработки | Органоминеральные                | Синтетические                        |
| дисперсные кремнеземы<br>цеолиты<br>слоистые силикаты | перлит<br>керамзит<br>силикагель | уголь<br>графит<br>торф | шелуха зерновых, мох, листва кора, опилки                                       | сланцы<br>сапрпель<br>нефтешламы | полипропилен<br>полиуретан<br>тефлон |

Таблица 3 – Классификация сорбентов по дисперсности

| Дисперсные       |                             | Формованные                                |              |   |
|------------------|-----------------------------|--|--------------|---|
| Мелко-дисперсные | Крупно-дисперсные           | Волокнистые                                | Прессованные | Комбинированные   |
| порошки          | крошка<br>гранулы<br>хлопья | тканые и нетканые<br>рулонные<br>материалы | плиты        | сорбирующие бонны<br>подушки<br>маты с оболочкой из<br>проницаемого материала |

Таблица 4 – Классификация сорбентов по пористой структуре

| Непористые    | Крупно-пористые  | Мезо-пористые   | Мелко-пористые               | Гетеро-пористые  | С изотропной пористостью  | С анизотропной пористостью   |
|---------------|--|---|------------------------------|--|---|--|
|               | Радиус кривизны пор  |   |                              |  |   |  |
|               | >200 нм  | 1,5-200 нм  | <1,5 нм                      |  |   |  |
| Песок<br>Сера | Керамзит<br>Перлит<br>Синтетические сорбенты<br>Кирпичная крошка | Диатомитовые глины<br>Силикагель<br>Некоторые виды активных углей | Активные угли из косточковых | Сорбенты из торфа<br>На основе древесины<br>На основе сельскохозяйственных отходов | Минеральные сорбенты<br>Сорбенты из угля, графита, нефтяных остатков<br>Вспененные синтетические сорбенты | Сорбенты из волокнистых синтетических материалов<br>Сорбенты из волокнистых природных материалов |

Таблица 5 – Классификация сорбентов по характеру смачивания водой

| <b>Гидрофильные</b>              | <b>Безразличного смачивания</b>  | <b>Гидрофобные</b>               |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Статический угол смачивания < 90 | Статический угол смачивания ≈ 90 | Статический угол смачивания > 90 |

Таблица 6 – Классификация сорбентов по назначению

| <b>Наносимые на поверхность для удаления поверхностных загрязнений воды и почвы</b> | <b>Загружаемые в фильтры для удаления объемных загрязнений воды</b>              |
|---|--|
| Объемно-пористые<br>Торфяные<br>Волокнистые природные                               | Поликарбамидное волокно<br>Дисперсные кремнеземы<br>Цеолиты<br>Слоистые силикаты |

Таблица 7 – Классификация сорбентов по специальным свойствам

| Магнитные                     | Содержащие ПАВ диспергаторы                | Содержащие реагенты-сгустители | Содержащие Микробиологические культуры                      | Иные                                 |
|-------------------------------|--|--------------------------------|---|--------------------------------------|
| «Сорбойл» марки Б<br>Керамзит | Corexit-7664,<br>ЭПН-5, ДИ-75 на носителях | ДИ-75 на носителе              | Деворойл<br>Путидойл<br>Биокрин на биоразлагаемых носителях | Переменной Плотности<br>Ионообменные |

Таблица 8 – Классификация сорбентов по плавучести

| <b>Высокой плавучести</b> | <b>Ограниченной</b> | <b>Неплавучие</b> |
|---------------------------|---------------------|-------------------|
| более 72 часов            | 2-72 часа           | до 3 часов        |

Таблица 9 – Классификация сорбентов по преимущественному способу регенерации и утилизации

| <b>Способы регенерации и последующей утилизации</b>        |  |                                      |                        |                                  |
|--|--|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| <b>Отжим-сжигание</b>                                      | <b>Отжим-захоронение</b>                     | <b>Обжиг-захоронение</b>             | <b>Сжигание</b>        | <b>Биоразложение</b>             |
| Хлопковые<br>Волокнистые<br>Синтетические<br>- волокнистые | Объемно-пористые синтетические<br>Графитовые | Кремнеземистые<br>Слоисто-силикатные | Угольные<br>Лигниновые | Природно-волокнистые<br>Торфяные |

Таблица 10 – Классификация сорбентов по структуре

| <b>Структура сорбентов</b>   |                               |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Закрытая</b>  | <b>Открытая (глобулярная)</b> | <b>Волокнистая</b>            |
| Полистирольный гранулированный пенопласт<br>Карбамидоформальдегидная смола | Поролон<br>Каучуковая крошка  | Нетканый материал<br>Синтепон |

Таблица 11 – Поглощительная способность гидрофобных материалов

| Материал                                     | Поглощительная способность сорбентов, кг/кг, при толщине пленки, мм |     |     |     |     |       |    |    |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-------|----|----|
|  | 0,2   | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | > 1,0 | 3  | 5  |
| Полипропиленовое волокно                     | 10  | 19  | 23  | 27  | 29  | 31    | -  | -  |
| Пенополиуретан                               | 8   | 11  | 13  | 16  | 18  | 19    | -  | -  |
| Модифицированное Базальтовое волокно         | 12  | 20  | 27  | 31  | 35  | 37    | -  | -  |
| Целлюлозное волокно                          | 10  | 25  | 35  | 42  | 43  | 45    | -  | -  |
| Полипропиленовая пена + волокнистый материал | 7   | 12  | 15  | 17  | 19  | 20    | -  | -  |
| Волокна текстильного пуха и сорные примеси   | -   | -   | -   | -   | 14  | -     | 16 | 18 |

Таблица 12 – Поглощительная способность сорбентов при многократном использовании

| Сорбент                                      | Поглощительная способность, кг/кг, при кратности использования |    |    |    |    |    |    |                |
|--|--|----|----|----|----|----|----|----------------|
|  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | % от начальной |
| Полипропиленовое волокно                     | 31   | 21 | 16 | 15 | 14 | 1  | 12 | 38,7           |
| Пенополиуретан                               | 19   | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 78,9           |
| Модифицированное Базальтовое волокно         | 37   | 26 | 17 | 15 | 13 | 12 | 10 | 27,0           |
| Целлюлозное волокно                          | 45   | 39 | 36 | 33 | 31 | 27 | 25 | 55,5           |
| Полипропиленовая пена + волокнистый материал | 20   | 16 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 60,0           |

Таблица 13 – Характеристика сорбентов

| Название сорбента        | Состав   | Заявленная нефтеемкость г/г  | Другие характеристики  |
|--------------------------|--|------------------------------|--|
| Profsorb Eco             | На основе сфагнового мха   | 3-7                          | Возможно применение при температуре до (-30 °С)<br>Плавучесть сорбента до 72 часов   |
| Spillsorb                | На основе сфагнового мха   | 4-8                          |  |
| Сорбойл                  | На основе торфа  | 8-10                         | Плотность 170-220 кг/м <sup>3</sup><br>Время насыщения нефтью до предельной величины 5-10 мин.<br>Сохранение плавучести 10-12 дней   |
| Лессорб-Экстра           | На основе природных органических материалов  | 10                           | Плавучесть 72 часа<br>Насыпная плотность 65 кг/м <sup>3</sup><br>Водопоглощение 0,5г/г   |
| Нефтесорб                | Сфагновый мох  | 19                           | Плавучесть 72 часа   |
| ОДМ-1Ф                   | На основе природного минерального сырья (диатомовых)   | 1                            | Насыпная плотность 460-500 кг/м <sup>3</sup><br>Удельная поверхность 120 м <sup>2</sup> /г<br>Пористость 70%<br>Размер частиц от 0,1 мм до 10,0 мм                                 |
| Униполимер               | Мезопористый полимерный материал   | 43-67                        | Плавучесть 100%<br>Плотность 8-25 кг/м <sup>3</sup>  |
| Экосорб                  | Нетканый волокнистый синтетический материал  | 5-20                         | Плавучесть на воде в течение суток – 10 %  |
| Мегасорб                 | Нетканый волокнистый синтетический материал  | 35-40                        | Плавучесть на воде в течение суток – 8 %<br>Поверхностная плотность 0,5-0,55 кг/м <sup>2</sup><br>Толщина 25-50 мм   |
| Новосорб                 | Гранулы термообработанного вермикулита серовато-бежевого цвета размером 0,6-50 мм                            | 0,4 кг нефти на 1 л сорбента | Плавучесть не менее 95-98%. Способен сохранять гидрофобные свойства при длительном (более 2 лет) контакте с водой.   |
| Вспученный вермикулит    | Слоистые чешуйки разных фракций термообработанного вермикулита от 0,5 до 20 мм серебристо-золотистого цвета. | 1,9 – 5,9                    | Время впитывания нефтепродуктов - 10-15 минут. Слабо гигроскопичен.  |
| Терморасщепленный графит | Порошкообразный графит с макропористой структурой  | 50                           | Обладает плавучестью не менее 100 суток.<br>Диапазон рабочих температур от -30°С до +300°С. Высокая скорость сорбции пленки нефти толщиной 3 мм, адсорбируется на 99,5% за 10 сек. |

Таблица 14 – Результаты визуальной оценки эффективности сорбентов

| Название сорбента | Соотношение сорбента и нефти                                  | Наличие нефтяной пленки на поверхности воды (результаты визуальной оценки) | Результаты визуальной оценки в дополнительном опыте в фарфоровых чашках |
|-------------------|---|--|---|
| Profsorb Eco      | 0,36 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость)  | Тонкая пленка нефти есть в одной повторности из трех.                      | В чашках жидкой нефти на дне нет ни в одной из повторностей             |
| Spillsorb         | 0,28 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость)  | Пленки нефти нет ни в одной из трех повторностей                           | В чашках жидкой нефти на дне нет ни в одной из повторностей             |
| Сорбойл           | 0,14 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость)  | Нефтяное пятно во всех трех повторностях                                   | В чашках жидкая нефть есть во всех трех повторностях                    |
|                   | 0,21 г сорбента + 1,1 г нефти (1,5 заявленных нефтеемкости)   | Пленки нефти нет ни в одной из трех повторностей                           | В чашках жидкая нефть есть во всех трех повторностях                    |
| Лессорб-Экстра    | 0,11 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость)  | Тонкая пленка нефти есть в одной повторности из трех.                      | В чашках жидкая нефть есть во всех трех повторностях                    |
| Нефтесорб         | 0,11 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость)  | Нефтяное пятно во всех трех повторностях                                   | В чашках жидкая нефть есть во всех трех повторностях                    |
|                   | 0,23 г сорбента + 1,1 г нефти (две заявленных нефтеемкости)   | Нефтяное пятно во всех трех повторностях                                   | В чашках жидкая нефть видна во всех трех повторностях                   |
| ОДМ-1Ф            | 1,10 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость)  | Пленки нефти нет ни в одной из трех повторностей                           | В чашках жидкой нефти нет. Сорбент оседает на дно.                      |
| Униполимер        | 0,026 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость) | Нефтяное пятно во всех трех повторностях                                   | В чашках жидкая нефть есть во всех трех повторностях                    |
|                   | 0,052 г сорбента + 1,1 г нефти (две заявленных нефтеемкости)  | В одной повторности – нефтяное пятно, в двух остальных – нефтяные пленки   | В чашках жидкая нефть есть во всех трех повторностях                    |
| Экосорб           | 0,14 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость)  | Пленки нефти нет ни в одной из трех повторностей                           | После удаления волокна на дне чашки есть немного жидкой нефти           |
| Мегасорб          | 0,031 г сорбента + 1,1 г нефти (одна заявленная нефтеемкость) | В одной повторности – нефтяное пятно, в двух других – нефтяная пленка      |   |
|                   | 0,047 г сорбента + 1,1 г нефти (1,5 заявленных нефтеемкости)  | Пленки нет ни в одной из трех повторностей                                 |   |

Таблица 15 – Результаты визуальной оценки эффективности минеральных сорбентов терморасщепленного графита при разных температурах

| Название сорбента                       | Нефтепогло-<br>тельная<br>способность<br>сорбента<br>заявленная<br>производителе<br>м: | Температура<br>проведения<br>эксперимент<br>а | Соотношение сорбента и<br>нефти                          | Наличие нефтяной<br>пленки после сбора<br>сорбента  |
|---|--|---|--|---|
| Новосорб                                | 4 г/г  | при t=22 °C                                   | 0,552 г сорбента + 2,2 г<br>нефти (по заявленному, 1:4)  | +   |
|   |  | при t=22 °C                                   | 1,103 г сорбента + 2,2 г<br>нефти (1:2)                  | "+"; в 2-х случаях<br>тонкая радужная<br>пленочка; в 1-ом- более<br>ярко выраженная<br>пленка |
|   |  | при t=10 °C                                   | 0,552 г сорбента + 2,2 г<br>нефти (по заявленному, 1:4)  | +   |
|   |  | при t=10 °C                                   | 1,103 г сорбента + 2,2 г<br>нефти (1:2)                  | "+" неоднородная<br>пленка по все<br>поверхности  |
| Вспученный<br>вермикулит                | 1,9-5,9 г/г.   | при t=22 °C                                   | 0,552 г сорбента + 2,2 г<br>нефти (по заявленному, 1:4)  | +   |
|   |  | при t=22 °C                                   | 1,103 г сорбента + 2,2 г<br>нефти (1:2)                  | -   |
|   |  | при t=10 °C                                   | 0,552 г сорбента + 2,2 г<br>нефти (по заявленному, 1:4)  | +   |
|   |  | при t=10 °C                                   | 1,103 г сорбента + 2,2 г<br>нефти (1:2)                  | +   |
| Терморасщеп-<br>ленный графит<br>(СТРГ) | 40-60г/г   | при t=22 °C                                   | 0,044 г сорбента + 2, 2 г<br>нефти(по заявленному, 1:50) | +   |
|   |  | при t=22 °C                                   | 0,093 г сорбента + 2, 2 г<br>сорбента(1:23)              | "+" тонкая радужная<br>пленка   |
|   |  | при t=10 °C                                   | 0,044 г сорбента + 2, 2 г<br>нефти(по заявленному, 1:50) | +   |
|   |  | при t=10 °C                                   | 0,093 г сорбента + 2, 2 г<br>сорбента(1:23)              | "+" радужная пленка   |

Таблица 16 – Результаты определения концентрации нефтепродуктов в воде

| Название сорбента | Соотношение сорбента и нефти                                     | Концентрация нефтепродуктов в воде, средние значения, мг/л (в скобках указано число повторностей) |
|-------------------|--|---|
| Profsorb          | 0,36 г сорбента + 1,1 г нефти<br>(одна заявленная нефтеемкость)  | 4,4 (n = 2)   |
| Spillsorb         | 0,28 г сорбента + 1,1 г нефти<br>(одна заявленная нефтеемкость)  | 5,0 (n = 2)   |
| Сорбойл           | 0,206 г сорбента + 1,1 г нефти<br>(1,5 заявленные нефтеемкости)  | 2,1 (n = 2)   |
| Лессорб           | 0,110 г сорбента + 1,1 г нефти<br>(одна заявленная нефтеемкость) | 3,6 (n = 2)   |
| ОДМ -1Ф           | 1,10 г сорбента + 1,1 г нефти<br>(одна заявленная нефтеемкость)  | 6,9 (n = 2)   |
| Экосорб           | 0,14 г сорбента + 1,1 г нефти<br>(одна заявленная нефтеемкость)  | 13,22 (n = 3)   |
| Мегасорб          | 0,047 г сорбента + 1,1 г нефти<br>(1,5 заявленные нефтеемкости)  | 18,23 (n = 1)   |



Таблица 17 – Концентрации нефтепродуктов в воде в опытах с минеральными сорбентами и терморасщепленным графитом

| Название сорбента                                      | Повторность | Концентрация в воде, мг/л | Средняя концентрация в воде по трем повторностям |
|--|-------------|---------------------------|--|
| <b>Новосорб</b> заявленная доза (0,551 г) при t=22° С  | 1           | 5,558                     | 3,129  |
|  | 2           | 0,700                     |  |
|  | 3           | >6                        |  |
| Новосорб увеличенная доза (1,103 г) при t=22° С        | 1           | 1,039                     | 2,637  |
|  | 2           | 2,840                     |  |
|  | 3           | 4,032                     |  |
| Новосорб заявленная доза (0,551 г) при t=10° С         | 1           | 5,414                     |  |
|  | 2           | >6                        |  |
|  | 3           | >6                        |  |
| Новосорб увеличенная доза (1,103 г) при t=10° С        | 1           | 6,265                     |  |
|  | 2           | >6                        |  |
|  | 3           | >6                        |  |
| <b>СТРГ</b> заявленная доза (0,044 г) при t= 22°С      | 1           | >6                        |  |
|  | 2           |                           |  |
|  | 3           |                           |  |
| СТРГ увеличенная доза (0,093 г) при t= 22°С            | 1           | 0,771                     | 2,040  |
|  | 2           | 3,566                     |  |
|  | 3           | 1,781                     |  |
| СТРГ заявленный (0,044 г) при t=10°С                   | 1           | >6                        |  |
|  | 2           |                           |  |
|  | 3           |                           |  |
| СТРГ увеличенная доза (0,093 г) при t=10°С             | 1           | >6                        |  |
|  | 2           | 4,564                     |  |
|  | 3           | 4,403                     |  |
| <b>Вермикулит</b> заявленная доза (0,551 г) при t=22°С | 1           | 1,220                     | 4,182  |
|  | 2           | 5,779                     |  |
|  | 3           | 5,548                     |  |
| Вермикулит увеличенная доза (1,103 г) при t=22°С       | 1           | 0,415                     | 0,824  |
|  | 2           | 0,632                     |  |
|  | 3           | 1,425                     |  |
| Вермикулит заявленная доза (0,551 г) при t=10°С        | 1           | 3,738                     | 3,654  |
|  | 2           | 0,991                     |  |
|  | 3           | 6,233                     |  |
| Вермикулит увеличенная доза (1,103 г) при t=10°С       | 1           | 3,875                     | 3,260  |
|  | 2           | 2,970                     |  |
|  | 3           | 2,937                     |  |
| Контроль при 22°С (дист. вода + нефть без сорбента)    | 1           | 4,684                     | 4,451  |
|  | 2           | 4,056                     |  |
|  | 3           | 4,612                     |  |
| Контроль при 10°С (дист. вода + нефть без сорбента)    | 1           | 4,474391                  | 4,030  |
|  | 2           | 4,89149                   |  |
|  | 3           | 2,723737                  |  |

Таблица 18 – Значения рН и концентрация нефтепродуктов в водной вытяжке из загрязненного песчаного грунта

| Вариант опыта    | Значения рН водной вытяжки |               | Концентрация нефтепродуктов в водной вытяжке, мг/л |               |
|------------------|----------------------------|---------------|--|---------------|
|                  | 1 повторность              | 2 повторность | 1 повторность                                      | 2 повторность |
| 1 (Контроль)     | 6,26                       | 6,06          | 7,8  | 7,6           |
| 2 (Нефтесорб)    | 5,85                       | 5,87          | 7,6  | 7,8           |
| 3 (Сорбойл)      | 5,50                       | 5,51          | 7,7  | 7,7           |
| 4 (Лессорб)      | 5,34                       | 5,53          | 7,9  | 7,8           |
| 5 (Униполимер М) | 5,91                       | 5,96          | 7,4  | 6,8           |
| 6 (ОДМ-1Ф)       | 5,01                       | 5,15          | 7,8  | 7,6           |
| 7 (Spillsorb)    | 4,88                       | 4,61          | 7,7  | 7,5           |
| 8 (Profisorb)    | 4,61                       | 4,64          | 7,7  | 7,8           |
| 9 (Бентонит)     | 7,65                       | 7,70          | 7,3  | 7,4           |

Таблица 19 – Содержание и концентрация нефтепродуктов в водной вытяжке из чернозема типичного

| Образец                          | Добавлено нефти, г/кг почвы | Содержание нефтепродуктов в почве после инкубирования в почве, г/кг | Концентрация нефтепродуктов в водной вытяжке, мг/л |
|----------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Чернозем                         | 80                          | 55,3  | 12,8   |
| Чернозем                         | 110                         | 72,7  | 15,7   |
| Чернозем                         | 140                         | 70,3  | 19,1   |
| Чернозем                         | 170                         | 70,5  | 20,5   |
| Чернозем                         | 200                         | 86,3  | 23,0   |
| Чернозем                         | 230                         | 84,0  | 25,7   |
| Чернозем + Вспученный вермикулит | 200                         | 75,5  | 1,8  |
| Чернозем + Вспученный вермикулит | 230                         | 92,4  | 2,4  |
| Чернозем + Новосорб              | 200                         | 75,6  | 12,0   |
| Чернозем + Новосорб              | 230                         | 85,4  | 12,9   |



Фото 1,2. Визуальная оценка сорбента Spillsorb



Фото 3,4. Визуальная оценка сорбента ОДМ-1Ф

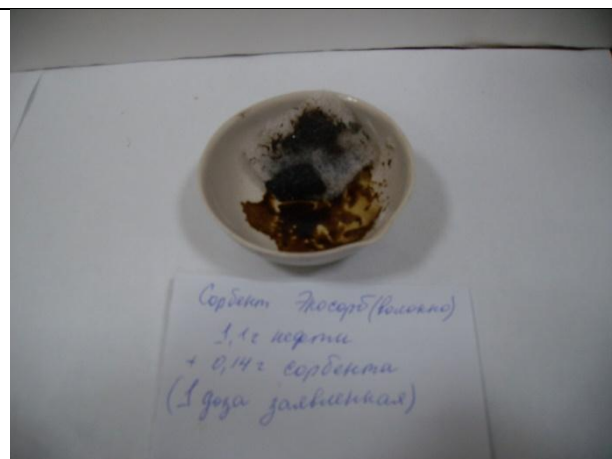


Фото 5,6. Визуальная оценка сорбента Эксорб

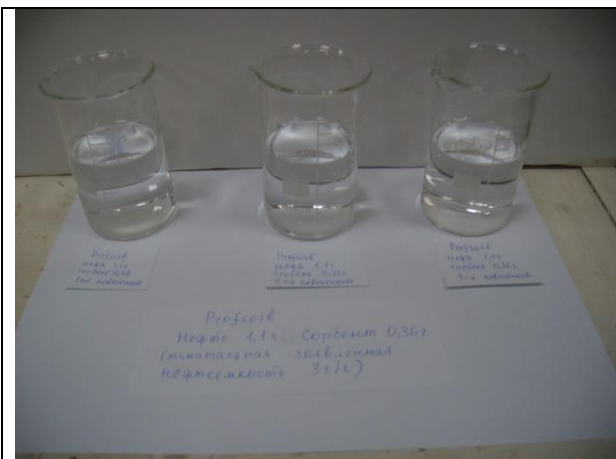


Фото 7,8. Визуальная оценка сорбента Profisorb Eco



Фото 9,10. Визуальная оценка сорбента Lessorb-Экстра



Фото 11-14. Визуальная оценка сорбента Сорбойл



Фото 15,16. Визуальная оценка сорбента Мегасорб



Фото 17-19. Визуальная оценка сорбента Нефтьсорб

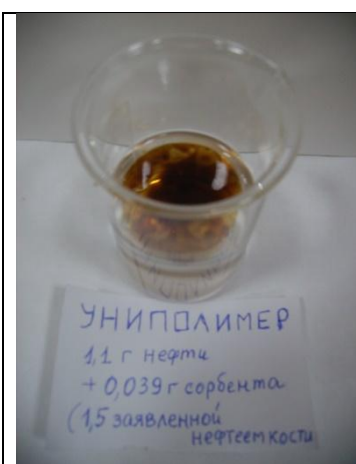


Фото 20-22. Визуальная оценка сорбента Униполимер



Фото 23. Оценка эффективности минеральных сорбентов и терморасщепленного графита при 22 °С с использованием 1-й и 2-х доз сорбента



Фото 24. Оценка эффективности минеральных сорбентов и терморасщепленного графита при 22 °С с использованием 2,5 дозы сорбента



Фото 25. Оценка эффективности минеральных сорбентов и терморасщепленного графита при 22 °С с использованием 2,5 дозы сорбента после 6-ти часов взаимодействия



Фото 26. Оценка эффективности минеральных сорбентов и терморасщепленного графита при 22<sup>0</sup>С с использованием 2,5 дозы сорбента после 10-ти минут взаимодействия