

## Трибуна молодых

УДК 622.24.063:502.56

### Результаты исследования степени очистки нефтезагрязненных почв техническими промывочными жидкостями

А.В. Бежелова<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, Россия  
Статья поступила 12.12.2011, принята 20.02.2012

*Приводятся результаты планирования необходимого числа экспериментальных замеров при очистке нефтезагрязненных почв на примере сравнительного анализа результатов обработки грунтов, загрязненных дизельным топливом, техническими промывочными жидкостями. Описана методика очистки нефтезагрязненных почв на выделенных экспериментальных участках, имеющих одинаковые геометрические размеры, в условиях внесения на них одинакового количества нефти или нефтепродуктов. Рассмотрен вопрос обеспечения достоверности результатов эксперимента и обосновано необходимое количество экспериментальных измерений по коэффициенту вариации случайных ошибок на основании определения необходимого количества замеров по одному из показателей – концентрации нефтезагрязнений в грунте после обработки раствором в течение 40 мин. при естественных условиях ( $t + 25^{\circ}\text{C}$ ); фоновой концентрации; концентрации после внесения загрязнения; концентрации после обработки раствором в течение 20 мин. с подогревом до  $60^{\circ}\text{C}$ , концентрации загрязнения после обработки раствором в течение 20 мин. при естественных условиях ( $t + 25^{\circ}\text{C}$ ). В основе методики определения необходимого числа экспериментальных замеров использованы элементы математической статистики – среднее значение случайной величины, среднее значение случайной величины, дисперсия случайных ошибок, коэффициент вариации случайных ошибок.*

**Ключевые слова:** аварийные разливы нефти, сорбент, техническая промывочная жидкость, число опытов, фоновая концентрация, степень очистки, коэффициент вариации случайных ошибок, дизельное топливо, нефтезагрязнение, почва.

### Results of the study of the oily soils purification rate with the help of process washing fluids

A.V. Bezheleva<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal University, 79, Svobodny av., Krasnoyarsk, Russia  
Received 12.12.2011; Accepted 20.02.2012

*The results of planning of the required quantity of sample probes in the process of oily soils clearance through the example of the comparative analysis results of processing of soils polluted by diesel fuel with process washing fluids have been presented. The technique for oily soils purification on the allotted experimental plots characterized by the same geometric dimensions and the same amount of oil and oil products has been described. The issue of ensuring the experiment results accuracy has been discussed, and the required number of experimental measurements concerning random errors variation coefficient has been substantiated based on the determining the necessary quantity of sample probes according to certain indices. They are: the oil pollution concentration in the soil after 40 min treatment by a solution under natural environment ( $t = 25^{\circ}\text{C}$ ), the background concentration, the after-pollution concentration, the concentration after 20 min treatment by a solution while heating up to  $60^{\circ}\text{C}$ , the concentration after 20 min treatment by a solution while heating up to  $60^{\circ}\text{C}$  under natural environment ( $t = 25^{\circ}\text{C}$ ). The elements of mathematical statistics were used as a basis of the technique for determining the necessary quantity of sample probes: the random variable mean value, the random errors variance, the random errors variation coefficient.*

**Keywords:** emergency oil spills, sorbent, process washing fluid, a number of experiments, background concentration, degree of purification, random errors variance, diesel fuel, oil pollution, soil.

Причины происходящих аварийных разливов нефти и нефтепродуктов обусловлены несоблюдением технологической дисциплины при приеме и отпуске нефтепродуктов, изношенностью нефтепроводов и нефтехранилищ. Потери сырой нефти, мазута, машинного и моторного масла, дизельного и авиационного топлива,

бензина, керосина только в России за счет аварийных ситуаций составляют около 5 млн. т ежегодно. Очевидно, что подобное положение дел в части ликвидации загрязнения биосферы и гидросферы нефтью и нефтепродуктами настоятельно требует разработки новых сорбирующих материалов и технических промывочных жидкостей.

Наиболее доступными в этих условиях становятся отечественные сорбенты и композиционные материалы

\* E-mail address: zvonok-08@mail.ru

на основе растительного сырья, которые можно получить непосредственно в регионе добычи, транспортировки или переработки нефти [1, 2]. Сыпучие сорбенты «Экосорб», «Униполимер», «Униполимер-М», «Менном» эффективны по множеству показателей, но одним, и весьма существенным, эксплуатационным недостатком является их малый объемный вес, что не позволяет этим сорбентам соединиться с нефтезагрязненной почвой или поверхностью водоема. В этом плане более эффективными являются промывочные технические жидкости [1].

По сложившейся практике обработки результатов очистки нефтезагрязненных почв техническими про-

мывочными жидкостями, при определении необходимого количества замеров обычно ориентируются на один из показателей – концентрацию нефтезагрязнений в грунте после обработки раствором в течение 40 мин. при естественных условиях ( $t + 25^\circ\text{C}$ ). Как показывают результаты, принятие необходимого числа исследований по концентрации нефтезагрязнений в грунте после обработки раствором в течение 40 мин. не всегда оправдано и требует детального подхода.

Проведем сравнительный анализ обработки результатов очистки грунтов, загрязненных дизельным топливом и техническими промывочными жидкостями, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения концентрации дизельного летнего топлива на экспериментальном участке

Условия загрязнения и очистки, дата отбора пробы	Результаты замеров, мг/кг				
	1	2	3	4	5
Фоновая концентрация, 9.06.2011 г.	2095	2064	2030	2100	2067
Концентрация после внесения загрязнения, 30.06.2011 г.	21187	21294	20342	20548	21083
Концентрация после обработки раствором в течение 20 мин. с подогревом до $60^\circ\text{C}$ , 25.07.2011 г.	13597	13068	13560	12994	13630
Концентрация после обработки раствором в течение 40 мин. при естественных условиях, $t + 25^\circ\text{C}$ , 25.07.2011 г.	11272	11261	11447	11268	11229
Концентрация загрязнения после обработки раствором в течение 20 мин. при естественных условиях, $t + 25^\circ\text{C}$ , 25.07.2011 г.	112386	113007	122513	120242	12576

Исследование степени очистки нефтезагрязненных земель, независимо от применяемых технологий и материалов, связано с измерением ряда показателей, в числе которых:

- достоверность результатов эксперимента по фоновой концентрации;
- концентрация после обработки раствором в течение 20 мин. с подогревом до  $60^\circ\text{C}$ ;
- концентрация после обработки раствором в течение 40 мин. при естественных условиях;
- концентрации загрязнения после обработки раствором в течение 20 мин. при естественных условиях,  $t + 25^\circ\text{C}$ .

Каждый из экспериментальных участков имел одинаковые геометрические размеры, и при загрязнении на них вносилось одинаковое количество нефти или нефтепродуктов. Для определения требуемого количества экспериментальных замеров по каждому из видов нефтезагрязнений проведена предварительная серия лабораторных исследований.

На основании предварительной серии измерений концентрации дизельного летнего топлива в почве после обработки техническим раствором в течение 40 мин. при естественных условиях ( $t + 25^\circ\text{C}$ ), при пятикратной повторности проведения опытов, получены значения остаточной концентрации  $f_{\text{ост}} = 11272$  мг/кг; 11261 мг/кг; 11447 мг/кг; 11268 мг/кг; 11229 мг/кг.

Достоверность результатов лабораторного эксперимента при неизменной лабораторной базе зависит от точности визуальных измерений результатов, точности

дозирования загрязняющей жидкости и, в конечном случае, определяется количеством проведенных измерений.

Определим число опытов, необходимое для получения достоверных результатов.

Находим среднее значение случайной величины:

$$f_{cp} = \frac{(11272 \times 5 + 11261 \times 5 + 11447 \times 5 + 11268 \times 5 + 11229 \times 5)}{(5 + 5 + 5 + 5 + 5)} = 11295,4 \text{ мг/кг}$$

Определим случайные ошибки каждого из измерений: 1-е измерение:

$$\delta_1 = (f_{\text{ост}} - f_{cp}) = 23,4 \text{ мг/кг}$$

$$(f_{\text{ост}} - f_{cp})^2 = 547,56 \text{ мг}^2/\text{кг}^2$$

$$(f_{\text{ост}} - f_{cp})^2 \times m = 547,56 \times 5 = 2737,8 \text{ мг}^2/\text{кг}^2$$

2-е измерение:

$$\delta_2 = (f_{\text{ост}} - f_{cp}) = -34,4 \text{ мг/кг}$$

$$(f_{\text{ост}} - f_{cp})^2 = 1183,36 \text{ мг}^2/\text{кг}^2$$

$$(f_{\text{ост}} - f_{cp})^2 \times m = 1183,36 \times 5 = 5916,8 \text{ мг}^2/\text{кг}^2$$

3-е измерение:

$$\delta_3 = (f_{\text{ост}} - f_{cp}) = 151,6 \text{ мг/кг}$$

$$(f_{ocm} - f_{cp})^2 = 22982,56 \text{ Мг}^2/\text{кг}^2$$

$$(f_{ocm} - f_{cp})^2 \times m = 4408,96 \times 5 = 22044,8 \text{ Мг}^2/\text{кг}^2$$

$$(f_{ocm} - f_{cp})^2 \times m = 22982,56 \times 5 = 114912,8 \text{ Мг}^2/\text{кг}^2$$

Определим дисперсию случайных ошибок:

4 – е измерение

$$\delta_4 = (f_{ocm} - f_{cp}) = -27,4 \text{ Мг}^2/\text{кг}^2$$

$$\Sigma = \sqrt{(2737,8 + 5916,8 + 114912,8 + 3753,8 + 22044,8) / (5 + 5 + 5 + 5 + 5)} = 77,2958$$

$$(f_{ocm} - f_{cp})^2 = 750,76 \text{ Мг}^2/\text{кг}^2$$

Определим коэффициент вариации случайных ошибок:

$$V = (77,2958 / 11295,4) \times 100\% = 0,684312\%$$

$$(f_{ocm} - f_{cp})^2 \times m = 750,76 \times 5 = 3753,8 \text{ Мг}^2/\text{кг}^2$$

5-е измерение:

$$\delta_5 = (f_{ocm} - f_{cp}) = -66,4 \text{ Мг}^2/\text{кг}^2$$

Аналогично проведены расчеты по каждой серии измерений. Результаты сведены в таблице 2.

$$(f_{ocm} - f_{cp})^2 = 4408,96 \text{ Мг}^2/\text{кг}^2$$

Таблица 2

Результаты расчетов коэффициента вариации случайных ошибок

Среднее значение	1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	4-е измерение	5-е измерение	Сумма	V
2075,4	1920,8	649,8	8160,8	4681,8	12,8	24,84029	1,196892
20886,8	450600,2	829059,2	1484035,2	573927,2	155232,2	373,7836	1,789568
13389,8	214659,2	245976,2	144840,2	783288,2	288480,2	259,0169	1,934434
11295,4	2737,8	5916,8	114912,8	3753,8	22044,8	77,2958	0,684312

Полученные значения вариации случайных ошибок существенно отличаются по каждому из выполненных экспериментальных замеров, что позволяет сделать вывод об ошибочности принятия минимального необходимого числа опытов при проведении натуральных исследований по одному из замеров и целесообразности предварительного исследования по каждому из показателей.

### Вывод

При определении минимального числа повторных обработок нефтезагрязненных почв техническими промывочными жидкостями недостаточна обработка по одному показателю, требуется поиск по каждому из показателей с учетом коэффициента вариации случайных ошибок.

### Литература

1. Мелкозеров В. М., Вельп А. Я., Бежелова А. В., Лапушова Л. А., Марьянчик Д. И., Васильев С. И. Результаты исследования эксплуатационных характеристик технических промывочных жидкостей для промывки нефтезагрязненных почв // Изв. вузов. Иркутск, 2011. С. 56–67.

2. Мелкозеров В. М., Васильев С. И. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование при разработке, эксплуатации нефтяных месторождений, транспортировке нефти и нефтепродуктов. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2011. 286 с.

### References

1. Melkozherov V. M., Vel'p A. Ya., Bezheleva A. V., Lapushova L. A., Mar'yanchik D. I., Vasiliev S. I. Results of the study of process washing fluids operational characteristics for oil-contaminated soils washing-out / Izvestiya vuzov. Irkutsk, 2011. № 4. S. 56-67.

2. Melkozherov V.M., Vasiliev S. I. Environmental protection and conservation under oil fields development and operation, oil and oil products transportation. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2011. 286 s.