

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

М.А. Пашкевич<sup>1</sup>, М.В. Быкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: marina-bykova-1993@mail.ru

**Аннотация:** Представлена информация о статистике крупных аварий на опасных производственных объектах и отсутствии учета локальных разливов и технологических утечек нефтепродуктов в связи с трудностями при их идентификации. Установлено, что многолетнее точечное поступление нефтепродуктов в почву может привести к угнетению и гибели растительности. Обоснована необходимость организации и проведения мониторинговых мероприятий на производственных объектах, эксплуатирующих нефтепродукты в той или иной степени, таких как объекты горнодобывающей и горноперерабатывающей отрасли и объекты прочей отраслевой принадлежности (строительство, ЖКХ, транспорт и пр.). Выбраны флуориметрический и спектрофотометрический методы определения нефтепродуктов, чтобы исследовать возможность повышения точности измерений при установлении уровня загрязнения почв нефтепродуктами. По результатам изучения интенсивности флуоресценции различных видов нефтепродуктов было установлено, что наблюдается сильная зависимость от вида нефтепродукта, используемого для градуировки оборудования, и высокий процент отклонения значений от градуировочного графика, полученного при использовании государственного стандартного образца. Использование спектрофотометрического метода, наоборот, показало низкую зависимость площади пиков поглощения (абсорбции) от вида нефтепродукта и незначительное отклонение полученных при этом градуировочных кривых от значений при градуировке оборудования с использованием государственного стандартного образца. На основе полученных результатов экспериментальных исследований разработаны рекомендации по предпочтительному методу определения нефтепродуктов в почвах с учетом возможности идентификации конкретного вида или видов нефтепродукта в результате анализа производственных процессов, приводящих к разливам и утечкам.

**Ключевые слова:** уровень загрязнения почв нефтепродуктами, локальные разливы и утечки, допустимое содержание нефтепродуктов, производственные объекты минерально-сырьевого комплекса, повышение точности измерений, флуоресценция нефтепродуктов, спектр поглощения нефтепродуктами, мониторинг почв.

**Благодарность:** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90030.

**Для цитирования:** Пашкевич М. А., Быкова М. В. Исследование возможности повышения точности измерений при установлении уровня загрязнения почв нефтепродуктами // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 4. – С. 67–86. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_4\_0\_67.

---

## Improvability of measurement accuracy in determining the level of soil contamination with petroleum products

M.A. Pashkevich<sup>1</sup>, M.V. Bykova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia,  
e-mail: marina-bykova-1993@mail.ru

---

**Abstract:** The article gives some sample statistics on large accidents at hazardous industrial facilities, which lacks data on local outflows and process escapes of petroleum products because of difficult identification of such events. Such numerous point-source spillage of petroleum products leads to inhibition and killing of plants. It is required to organize and implement monitoring of industrial facilities which use petroleum products, such as mining and metallurgy and some other branches and services (construction, municipal housing economy, transportation, etc.). To analyze improvability of measurement accuracy in determining the level of soil contamination with petroleum products using fluorescence spectroscopy and spectrophotometry. The studies into the fluorescence strength of different petroleum products exhibit a strong dependence of the measurement accuracy on the type of a petroleum products employed to calibrate instrumentation and a high percentage of deviation from the calibration graph plotted using the state reference standard. Alternatively, spectrophotometry shows a weak dependence of absorption peak areas on the type of a petroleum product and an insignificant deviation of the calibration curves from the values obtained with the state reference standard. Based on the experimental research findings, the recommendations are developed concerning preferable method to determine contamination of soil with petroleum products with identification of the specific type / types of petroleum products by analyzing production processes which lead to outflows and spillage.

**Key words:** level of soil contamination with petroleum products, local outflow and spillage, allowable content of petroleum products, production facilities of the mineral resources and reserves sector, measurement accuracy improvement, fluorescence of petroleum products, absorption spectrum of petroleum products, soil monitoring.

**Acknowledgements:** The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 20-35-90030.

**For citation:** Pashkevich M. A., Bykova M. V. Improvability of measurement accuracy in determining the level of soil contamination with petroleum products. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(4):67-86. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_4\_0\_67.

---

### Введение

В современном мире остро стоит проблема загрязнения почвогрунтов нефтепродуктами, что обусловлено постоянно растущим на них спросом в качестве продукта потребления во всех сферах народного хозяйства. Наибольшую опасность может представлять поступление таких основных нефтепродуктов

потребления, как бензин, дизельное топливо, моторное масло (в т.ч. отработанное моторное масло), за счет их высокой проникающей способности, что приводит к формированию в приповерхностных отложениях литохимических потоков и ореолов загрязнения.

Технологические процессы, связанные с добычей, транспортировкой, хра-

нением и непосредственным использованием нефтепродуктов потребителем характеризуются серьезной антропогенной нагрузкой на почвы вследствие поступления в окружающую среду продуктов переработки углеводородного сырья [1 – 3]. При этом риск возникновения загрязнения почв связан не только с производственными объектами нефтегазовой отрасли, но и объектами горнодобывающей и горноперерабатывающей отрасли, а также предприятиями другой отраслевой принадлежности (строительство, ЖКХ, транспорт и пр.) за счет интенсивного использования различных видов топлив и горюче-смазочных материалов для оборудования [4, 5].

При возникновении крупных аварийных ситуаций с разливом нефтепродуктов на дневную поверхность в Российской Федерации на сегодняшний момент существует регламентированный порядок действий, который в общем случае сводится к снятию верхнего слоя загрязненного грунта с последующим его вывозом и утилизацией. При даль-

нейшей ликвидации последствий разлива и проведении мероприятий по восстановлению земель также предусматривается отсыпка привозного грунта с нанесением потенциально плодородных почв в местах техногенных аварий.

Такого рода разливы и утечки находятся под ведомством Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее Ростехнадзор). Согласно последней официальной информации, представленной в годовом отчете о деятельности Ростехнадзора в 2019 г. (опубликованного в 2020 г.), в области промышленной безопасности осуществляется надзор в отношении 7051 опасных производственных объектов нефтегазодобычи; 4147 нефтехимических, нефтегазоперерабатывающих производств и различных объектов нефтепродуктообеспечения, а также надзор 4364 объектов магистрального трубопроводного транспорта (в том числе 55 тыс. км — общая протяженность нефтепроводов; 23 тыс. км — общая протяженность продуктопроводов).

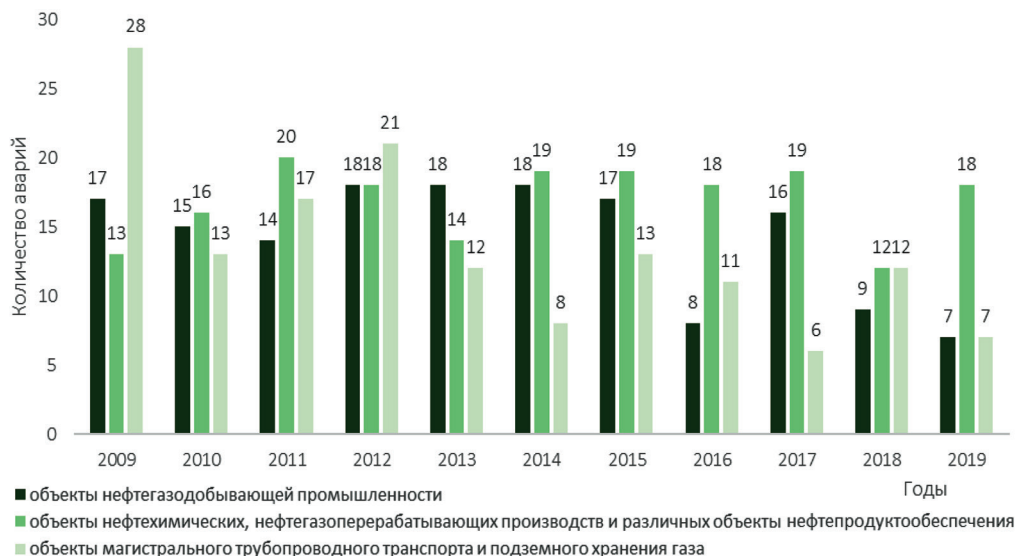


Рис. 1. Динамика аварийности на опасных производственных объектах нефтегазовой отрасли Российской Федерации в 2009–2019 гг.

Fig. 1. Accident rate history at hazardous production facilities of the oil and gas industry in Russia in 2009–2019

На рис. 1 представлена динамика аварийности на опасных производственных объектах, в отношении которых ведется Федеральный государственный надзор, за период с 2009 по 2019 гг. Следует отметить, что, согласно актам законченных технических расследований причин аварий, общий экономический ущерб за 2019 г. составил порядка 7460 тыс. руб. для объектов нефтегазодобывающей промышленности; 1600 млн руб. для объектов нефтехимических, нефтегазоперерабатывающих производств и различных объектов нефтепродуктообеспечения; 282 282 тыс. руб. для объектов магистрального трубопроводного транспорта (из них экологический ущерб — 107 250 тыс. руб.) [6].

Предоставление такого рода статистики невозможно для локальных аварийных разливов и технологических утечек в связи с отсутствием их учета. Точечное поступление нефтепродуктов (таких как бензин, дизельное топливо, машинное масло и отработанное масло) в окружающую среду зачастую остается без внимания из-за трудности их визуальной идентификации как на производственных объектах нефтегазовой отрасли, так и на объектах, где нефтепродукты не являются целевым загрязнителем.

Однако многолетнее поступление нефтепродуктов даже в небольших количествах (от нескольких килограммов до десятков килограммов) может привести к устойчивому загрязнению и формированию литохимических ореолов и потоков загрязнения. Серьезные изменения претерпевает гумусовый горизонт за счет количественного и качественного изменения его состава по причине увеличения процента содержания органического углерода антропогенного происхождения. В связи с этим происходит увеличение подвижности гумусовых компонентов за счет изменения окис-

лительно-восстановительных свойств почв, также повышается гидрофобность почв, что приводит к нарушению водного баланса в системе «почва-растение». Впоследствии данные факторы приводят к потере почв свойств как питательного субстрата, что проявляется в виде угнетения растительности вплоть до ее полной гибели из-за подавления фотосинтетической активности и продуктивности [7, 8].

Известны результаты микробиологических исследований, доказывающих, что наличие нефтепродуктов в почвах нарушает почвенный микробиоценоз за счет снижения количества колоний микроорганизмов, неспособных окислять углеводородные компоненты [9–11]. При помощи биологических тестов доказано, что также происходит снижение выживаемости различных беспозвоночных организмов [12–14].

Тяжесть последствий загрязнения почв нефтепродуктами зависит от многих факторов, но имеет одинаковые механизмы, описанные выше. На сегодняшний день для оценки уровня загрязнения почв нефтепродуктам в Российской Федерации рекомендуются следующие пороговые уровни концентрации нефтепродуктов:

- менее 1000 мг/кг: допустимый уровень;
- от 1000 до 2000 мг/кг: низкий уровень загрязнения;
- от 2001 до 3000 мг/кг: средний уровень загрязнения;
- от 3001 до 5000 мг/кг: высокий уровень загрязнения;
- более 5000 мг/кг: очень высокий уровень загрязнения [15, 16].

По результатам проведенных ранее авторских инженерно-экологических исследований территорий расположения таких производственных объектов, как резервуарный парк хранения нефтепродуктов и автопарк карьерной техники

крупного горнодобывающего предприятия, было установлено, что угнетение растительности проявляется как при двукратном превышении допустимого уровня (с последующим увеличением степени угнетения при увеличении содержания нефтепродуктов), так и при превышении в десятки раз, при этом наблюдается полная гибель фотосинтетической активности и продуктивности. Анализ производственной документации на рассматриваемых объектах показал, что потенциально почвы могут быть загрязнены одним или несколькими видами нефтепродуктов, таких как бензин, дизельное топливо, моторное масло, в т.ч. отработанное моторное масло. Визуальная интерпретация результатов проведенных исследований представлена на рис. 2 [17].

Исходя из предоставленной информации, можно говорить о том, что основными видами нефтепродуктов, контроль

за которыми необходимо осуществлять на территории различных производственных предприятий, являются бензин, дизельное топливо и различные масла как самые распространенные в эксплуатации продукты переработки углеводородного сырья. Следует отметить, что при разливах и утечках в большинстве случаев возможно установить конкретный вид или виды нефтепродуктов, поступивших в почву, при помощи анализа производственных процессов.

При организации и проведении мониторинговых мероприятий, направленных на установление уровня загрязнения почв нефтепродуктами, необходимо обеспечить достоверности результатов аналитических исследований с целью предотвращения неправильной интерпретации содержания загрязнителя и его накопления, что может привести к формированию литохимических ореолов с последующей миграцией.

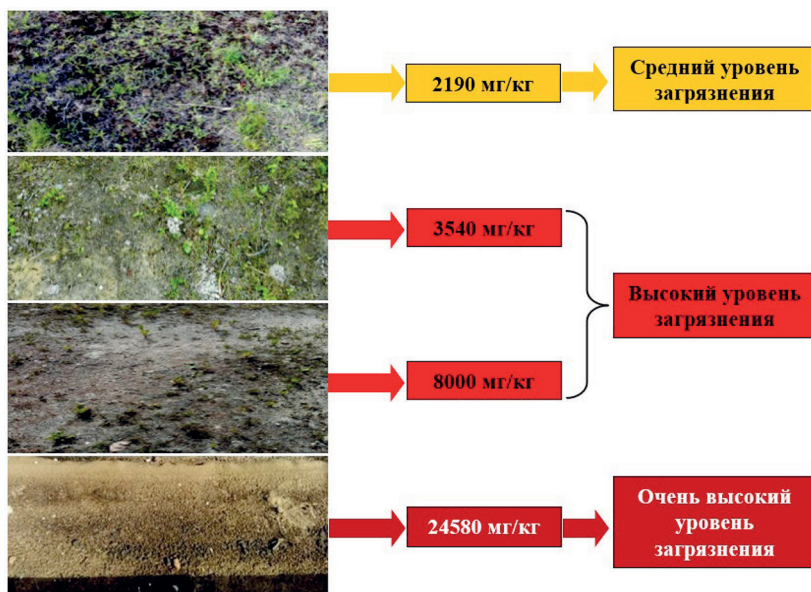


Рис. 2. Анализ результатов визуальной оценки и содержания нефтепродуктов в пробах почв (на примере нескольких участков), загрязненных бензином, дизельным топливом, моторным маслом, в т.ч. отработанным моторным маслом (предположительно)

Fig. 2. Analysis of visual information data on petroleum products in sampled soil (in terms of some test areas) contaminated with benzene, diesel fuel and motor oil, including used motor oil (assumable)

## Материалы и методы

На сегодняшний момент при оценке уровня загрязнения почв нефтепродуктами в лабораторных условиях (валовое содержание) используются четыре основных метода, таких как гравиметрический, флуориметрический, спектрофотометрический и хроматографический, имеющих свои достоинства и недостатки.

Гравиметрический метод (признанный арбитражным) не требует проведения градуировки и, соответственно, использования стандартных образцов, что является главным преимуществом рассматриваемого метода. Однако при испарении растворителя, в котором находятся экстрагируемые нефтепродукты, происходит потеря легких фракций, что влечет за собой неправильную интерпретацию валового содержания исследуемого поллютанта [18, 19].

Говоря о флуориметрическом методе, можно отметить, что он имеет низкий предел обнаружения нефтепродуктов (порядка 0,005 мг/г), требует малого объема пробы почв и не требует сложного оборудования. В качестве недостатка можно выделить то, что эффект флуоресценции наблюдается только у нефтепродуктов, имеющих в своем составе ароматические углеводороды [20 – 22].

В отличие от флуориметрического метода, при использовании спектрофотометрии наблюдается более стабильный аналитический сигнал вне зависимости от содержания ароматических углеводородов [23]. При этом известны исследования, доказывающие, что такие нефтепродукты, как бензин, дизельное топливо, моторное масло и отработанное масло имеют схожие спектры в ближней инфракрасной области, это обосновывает возможность определения валового содержания поллютанта в почвах [24 – 26]. Однако для проведения исследований требуется достаточно сложное инструментальное сопровождение.

Главным достоинством хроматографического метода является возможность как определить валовое содержание нефтепродуктов, так и установить их состав, однако метод имеет более высокий предел обнаружения по отношению к флуориметрическому и спектрофотометрическому методам [27 – 29].

Таким образом, проанализировав достоинства и недостатки основных методов, для проведения исследований были выбраны флуориметрический и спектрофотометрический методы. Выбор обосновывается простотой эксплуатации оборудования, низким пределом обнаружения (в случае применения флуориметрического метода) и схожестью спектров большинства нефтепродуктов в ближней инфракрасной области при использовании спектрофотометрического метода.

Основной целью исследования являлось сравнение аналитических сигналов при построении градуировочных графиков по выбранным нефтепродуктам, которые являются наиболее распространенными загрязнителями почв при эксплуатации различных машин и механизмов на производственных объектах, с аналитическими сигналами государственных стандартных образцов (далее ГСО), используемых при градуировке оборудования согласно стандартным методикам.

Для исследований были взяты следующие виды нефтепродуктов (с указанием используемых далее аббревиатур):

- бензин АИ-95 (Б);
- дизельное топливо Евро-5 (ДТ);
- минеральное масло высокоряфинированное (глубокой очистки) R-2 (МВ);
- синтетическое моторное масло 5W-40 (ММ);
- полусинтетическое трансмиссионное масло GL-4 75W-90 (ТМ).

Для сравнения аналитических сигналов использовались ГСО утвержден-

ного типа, применяемые в соответствующих методиках измерения [30].

При проведении экспериментальных исследований по вопросу идентификации нефтепродуктов в почвах флуориметрическим методом использовалась стандартная методика ПНД Ф 16.1:2.21-98 «Количественный химический анализ почв и грунтов. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флуорат-02». Измерения проводились на базе Центра коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета.

Для градуировки анализатора жидкости использовался ГСО 7950-2001 с аттестованным значением массовой концентрации нефтепродуктов 1000 мг/дм<sup>3</sup>. При этом стандартный образец представляет собой раствор турбинного масла Т22 (ГОСТ 32-74) в гексане.

Поскольку при формировании аналитического сигнала участвуют только ароматические углеводороды, то различные виды исследуемых нефтепродуктов (бензины, дизельные топлива, горюче-смазочные, моторные и транс-

миссионные масла) могут существенно отличаться по интенсивности флуоресценции даже в пределах одного вида [31 – 33]. Таким образом, в случае отличия определяемых компонентов или смеси нефтепродуктов от градуировочного вещества (турбинного масла Т22), велика вероятность возникновения неопределенности измерений за счет ограниченной области применения существующей методики, что может привести к существенному снижению точности измерения и неправильной идентификации содержания нефтепродуктов в почвах при последующей обработке результатов [34, 35].

Одним из путей устранения данной неопределенности может служить приближение состава градуировочного раствора нефтепродуктов к группе нефтепродуктов, загрязнение которыми необходимо оценить в почвах.

Таким образом, гравиметрическим методом при помощи шприца для хроматографии было приготовлено 5 исходных растворов, представляющих собой растворенные в гексане исследуемые нефтепродукты с концентрацией 1000 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 3). Последующим разбавлением

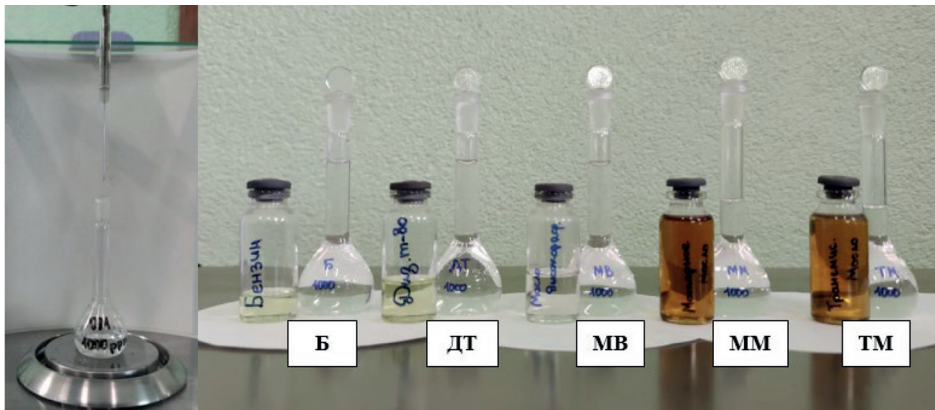


Рис. 3. Приготовление растворов нефтепродуктов в гексане: слева — гравиметрическое добавление нефтепродуктов; справа — готовые растворы Б, ДТ, МВ, ММ, ТМ в гексане с концентрацией 1000 ppm  $\pm$ 10 ppm  
Fig. 3. Preparation of solutions of petroleum products in hexane: left—gravity addition of petroleum products; right: finished solutions of benzene (B), diesel fuel (DT), MB oil, motor oil (MO) and transmission oil (TO) in hexane at concentration of 1000 ppm  $\pm$ 10 ppm

исходных растворов были получены градуировочные растворы для каждого из исследуемых нефтепродуктов с концентрациями 5 и 10 мг/дм<sup>3</sup>. Также были приготовлены градуировочные растворы (с аналогичными концентрациями) с использованием ГСО 7950-2001. Эти растворы были изучены при помощи анализатора жидкости «Флюорат-02-3М» с получением значений интенсивности флуоресценции (в условных единицах) для последующей обработки результатов.

При использовании спектрометрического метода определения нефтепродуктов в почвах было использовано РД 52.18.575-96 «Методические указания. Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом инфракрасной спектрометрии. Методика выполнения измерений». Измерения также проводились на базе Центра коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета при помощи инфракрасного спектрофотометра с преобразованием Фурье фирмы SHIMADZU (IRAffinity-1).

Для градуировки инфракрасного спектрофотометра использовался ГСО 7248-96 с аттестованным значением массовой концентрации нефтепродуктов 50 000 мг/дм<sup>3</sup>,

представляющий собой трехкомпонентную смесь (гексадекан, изооктан и бензол) в четыреххлористом углероде [24, 25, 32].

Аналогичным образом были приготовлены градуировочные растворы для каждого исследуемого нефтепродукта и используемого ГСО, представляющие собой растворенные углеводороды в четыреххлористом углероде с концентрациями 200, 500 и 800 мг/дм<sup>3</sup>. В качестве результатов для последующей обработки были получены значения площади пиков поглощения (абсорбции) в условных единицах.

При применении каждого из двух методов также был проведен внутривлабораторный контроль, чтобы проверить отклонения измеренного значения по отношению к действительному по определенным концентрациям. Для этого использовались приготовленные из исходных градуировочных растворов нефтепродукты и растворы после экстракции соответствующим каждому методу растворителем из почв, загрязненных известным количеством исследуемых нефтепродуктов.

Уровень загрязнения почв нефтепродуктами моделировался путем внесения определенного количества загрязните-

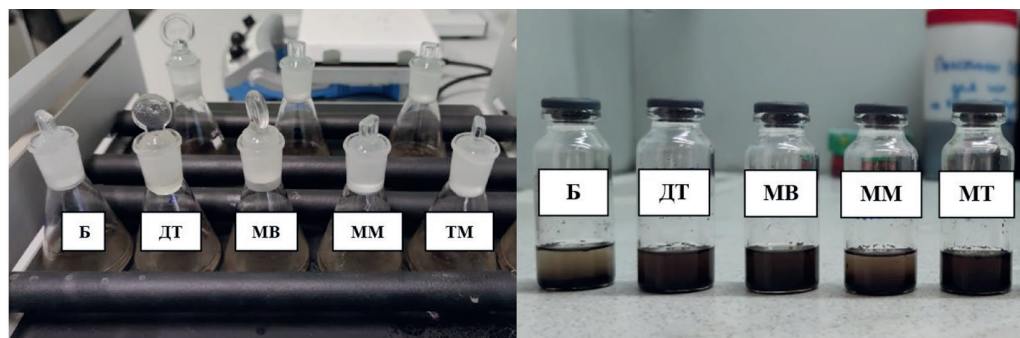


Рис. 4. Процесс экстракции исследуемых нефтепродуктов из почв, предварительно загрязненных известным количеством нефтепродуктов: слева — экстракция гексаном; справа — экстракция четыреххлористым углеродом

Fig. 4. Extraction of petroleum products from soil preliminary contaminated with the known amount of petroleum products: left — extraction with hexane; right — extraction with carbon tetrachloride

ля таким образом, чтобы ожидаемая концентрация в готовом растворе экстрагента составляла приблизительно  $7 \text{ мг/дм}^3$  (для флуоресцентного метода) и  $600 \text{ мг/дм}^3$  (для спектрофотометрического метода). Экстракция нефтепродуктов из предварительно загрязненных

почв проводилась при помощи гексана и четыреххлористого углерода в зависимости от метода измерений (рис. 4). Экстракция одних и тех же почв осуществлялась дважды новыми порциями растворителя с целью полного извлечения нефтепродуктов.

Таблица 1

**Значения интенсивности флуоресценции различных градуировочных составов нефтепродуктов**  
**Fluorescence strength of different calibration compositions of petroleum products**

Градуировочный состав нефтепродуктов	Аналитический сигнал ( $J_x$ ) при различных концентрациях градуировочного раствора		
	0 мг/л	5 мг/л	10 мг/л
ГСО 7950-2001	0,0105	0,1299	0,2531
Б	0,0105	0,0638	0,1154
ДТ	0,0105	0,1674	0,3161
МВ	0,0105	0,0138	0,0166
ММ	0,0105	0,0329	0,0541
ТМ	0,0105	0,1398	0,2778

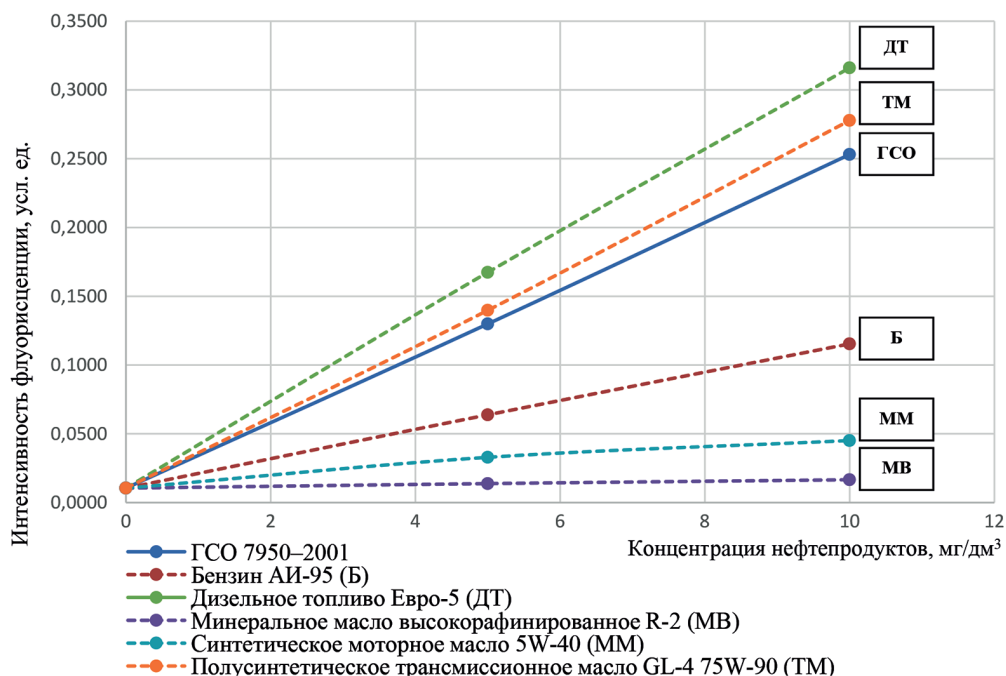


Рис. 5. Градуировочные графики по интенсивности флуоресценции для различных нефтепродуктов  
 Fig. 5. Calibration graphs based on fluorescence strength for different petroleum products

## Результаты

Измеренные значения интенсивности флуоресценции градуировочных растворов с использованием ГСО 7950-2001 и градуировочных растворов, приготовленных с добавлением Б, ДТ, МВ, ММ и ТМ, представлены в табл. 1. На рис. 5 представлены градуировочные графи-

ки для различных составов нефтепродуктов по полученным результатам интенсивности флуоресценции.

Как видно из представленных результатов, в случае использования минерального высокопарафинированного масла R-2 наблюдается слабый сигнал флуоресценции, что объясняется незначи-

Таблица 2

**Значения интенсивности флуоресценции градуировочных смесей из нескольких нефтепродуктов в присутствии высокопарафинированного масла R-2**  
**Fluorescence strength of different calibration compositions of some petroleum products in the presence of high-purified oil R-2**

Градуировочный состав нефтепродуктов	Содержание МВ	Аналитический сигнал ( $J_x$ ) при различных концентрациях градуировочного раствора		
		0 мг/л	5 мг/л	10 мг/л
Б+МВ	50%	0,0105	0,0377	0,0630
ДТ+МВ	50%	0,0105	0,0952	0,1738
Б+ДТ+МВ	33%	0,0105	0,0993	0,1841
Б+ДТ+ММ+МВ	25%	0,0105	0,0701	0,1196
Б+ДТ+ММ+ТМ+МВ	20%	0,0105	0,0852	0,1499

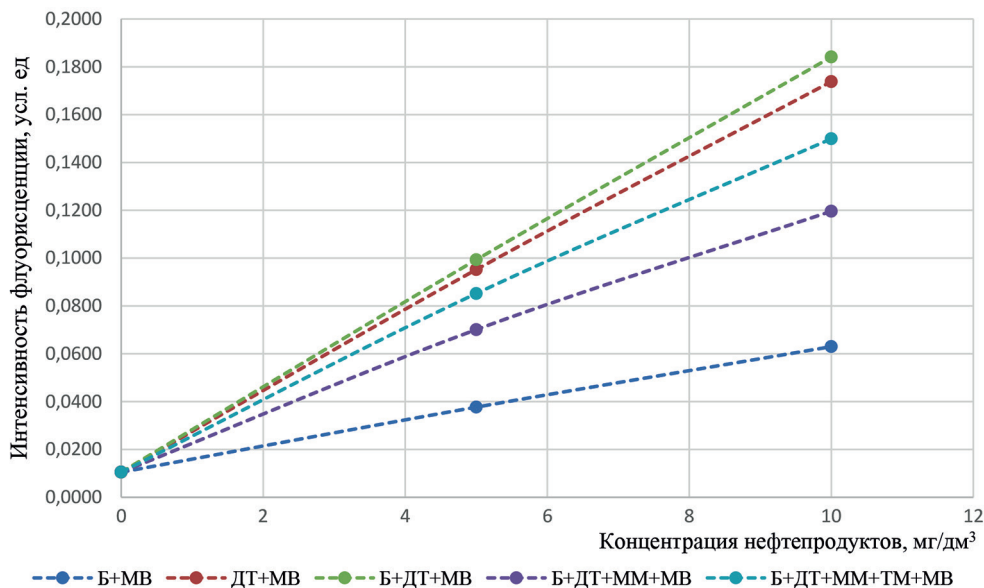


Рис. 6. Градуировочные графики по интенсивности флуоресценции градуировочных смесей из нескольких нефтепродуктов в присутствии высокопарафинированного масла R-2

Fig. 6. Calibration graphs based on fluorescence strength of calibration compositions of some petroleum products in the presence of high-purified oil R-2

Таблица 3

**Результаты внутрилабораторного контроля полученных градуировочных графиков для исследуемых нефтепродуктов (флуориметрический метод)**

**Internal verification results of calibration graphs for test petroleum products (fluorescence spectrometry)**

Градуировочный состав нефтепродуктов	Действительное значение аналитического сигнала согласно градуировочному графику при концентрации 7 мг/дм <sup>3</sup> усл. ед.	Измеренное значение аналитического сигнала при ожидаемой концентрации 7 мг/дм <sup>3</sup> , усл. ед. (из исходного раствора)	Измеренное значение аналитического сигнала при ожидаемой концентрации 7 мг/дм <sup>3</sup> , усл. ед. (экстракт из почв)	Проценты отклонения измеренных значений от действительного, %
Б	0,0843	0,0782	0,0791	7,2 / 6,2
ДТ	0,2261	0,2201	0,2193	2,6 / 3,0
ММ	0,0367	0,0381	0,0338	3,8 / 7,9
ТМ	0,1925	0,1972	0,1861	2,4 / 3,32

тельным количеством ароматических углеводородов в составе за счет удаления их в процессе глубокой очистки при получении готовой товарной продукции. Для исключения ошибки при проведении измерений и подтверждения отсутствия достаточного количества ароматических углеводородов в составе были проведены дополнительные исследования, заключающиеся в приготовлении нескольких градуировочных смесей нефтепродуктов в гексане с присутствием в составе в различном процентном содержании минерального высокопарафинированного масла R-2. Результаты исследования представлены в табл. 2 и на рис. 6.

Таблица 4

**Значения площади пиков поглощения (абсорбции)**

**различных градуировочных составов нефтепродуктов**

**Areas of absorption peaks for different calibration compositions of petroleum products**

Градуировочный состав нефтепродуктов	Площадь пиков поглощения (абсорбции) при различных концентрациях градуировочного раствора			
	0 мг/дм <sup>3</sup>	200 мг/дм <sup>3</sup>	500 мг/дм <sup>3</sup>	800 мг/дм <sup>3</sup>
ГСО 7248-96	0	26,456	61,501	100,656
Б	0	24,132	58,432	96,764
ДТ	0	25,112	59,209	98,871
МВ	0	31,171	72,276	113,722
ММ	0	29,132	66,321	107,528
ТМ	0	27,197	63,561	102,742

Для исследования площади пиков поглощения (абсорбции) градуировочных растворов спектрофотометрическим

методом были использованы те же нефтепродукты и ГСО 7248-96. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 5

**Результаты внутрилабораторного контроля полученных градуировочных графиков для исследуемых нефтепродуктов (спектрофотометрический метод)**  
**Internal verification results of calibration graphs for test petroleum products (spectrophotometry)**

Градуировочный состав нефтепродуктов	Действительное значение площади пиков поглощения (абсорбции) согласно градуировочному графику при концентрации 600 мг/дм <sup>3</sup> усл. ед.	Измеренное значение площади пиков поглощения (абсорбции) при ожидаемой концентрации 600 мг/дм <sup>3</sup> , усл. ед. (из исходного раствора)	Измеренное значение площади пиков поглощения (абсорбции) при ожидаемой концентрации 600 мг/дм <sup>3</sup> , усл. ед. (экстракт из почв)	Проценты отклонения измеренных значений от действительного, %
Б	71,904	70,102	68,537	2,5 / 4,7
ДТ	73,352	74,692	68,862	1,8 / 6,1
МВ	86,101	89,529	80,871	4,0 / 6,6
ММ	80,656	79,630	76,483	1,3 / 5,2
ТМ	77,068	77,982	72,537	1,2 / 5,9

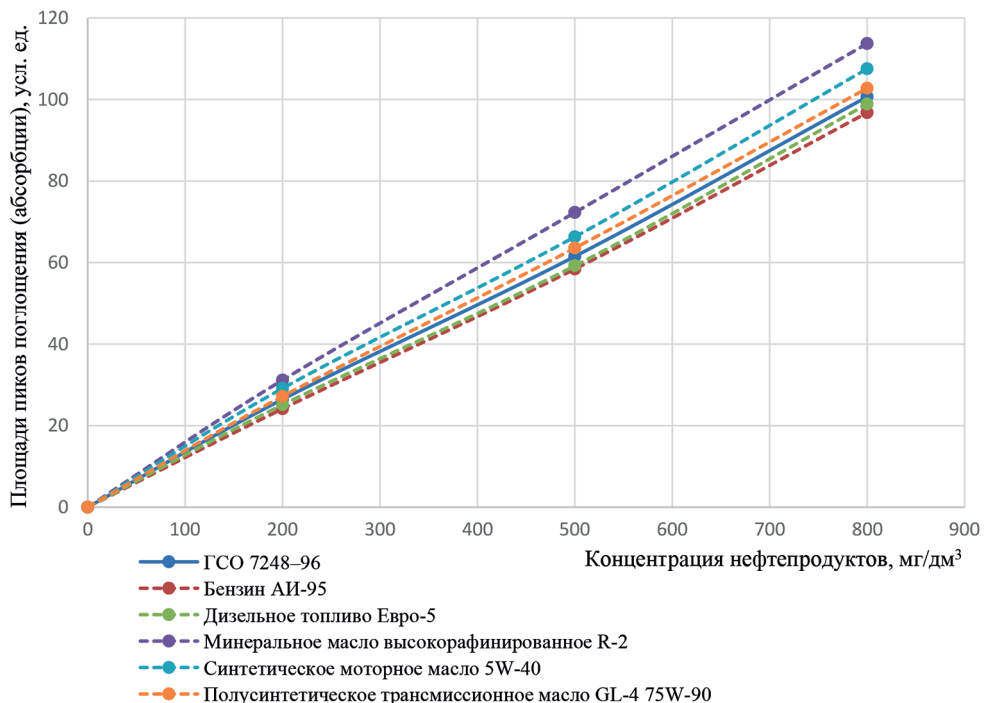


Рис. 7. Градуировочные графики по площади пиков поглощения (абсорбции) различных нефтепродуктов

Fig. 7. Calibration graphs based on absorption peak areas for different petroleum products

Отсутствие значения при концентрации 0 мг/дм<sup>3</sup> обуславливается спецификацией программного обеспечения используемого оборудования за счет автоматического учета значения площади пика поглощения (абсорбции) холостого образца (фоновое значение).

На рис. 7 представлены градуировочные графики для различных составов нефтепродуктов по полученным результатам площади пиков поглощения (абсорбции).

Для проведения внутрилабораторного контроля данных градуировочных графиков для различных видов нефтепродуктов были проанализированы растворы с ожидаемой концентрацией 600 мг/дм<sup>3</sup>, полученных в результате разбавления четыреххлористым углеродом исходных растворов и растворов, образовавшихся в результате экстракции исследуемых нефтепродуктов из почв, загрязненных известным количеством нефтепродуктов (табл. 5).

### Обсуждение результатов

Исследования по сравнению аналитических сигналов различных нефтепродуктов и государственных стандартных образцов, используемых для флуориметрического и спектрофотометрического методов определения загрязнения почв

нефтепродуктами, при построении градуировочных графиков позволили установить средние значения процента отклонения по интенсивности флуоресценции и площади пиков поглощения (абсорбции). Анализ полученных результатов по определению среднего процента отклонения полученных градуировочных графиков по исследуемым нефтепродуктам от градуировочных графиков по ГСО представлен в табл. 6.

В случае использования флуориметрического метода наблюдается сильная зависимость интенсивности флуоресценции от типа нефтепродукта, что обуславливается различным содержанием ароматических углеводородов. Согласно методике ПНД Ф 16.1:2.21-98 «Количественный химический анализ почв и грунтов. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02», значение относительной расширенной неопределенности измерений составляет от 25 до 40% в зависимости от диапазона измерений. По полученным результатам можно сделать вывод, что процент отклонения значений градуировочных графиков для большинства исследованных нефтепродуктов от значений градуировочного графика по ГСО 7950-2001

Таблица 6

**Отклонение значений градуировочных графиков по исследуемым нефтепродуктам от градуировочных графиков по ГСО**  
***Difference between calibration graphs of test petroleum products from calibration graphs plotted using the state reference standard***

Градуировочный состав нефтепродуктов	Средний процент отклонения по интенсивности флуоресценции, %	Средний процент отклонения по площади пиков поглощения (абсорбции), %
Б	52,7	5,9
ДТ	26,9	3,5
МВ	91,4	16,0
ММ	76,7	8,2
ТМ	8,7	2,7

ощутимо превышает значение указанной в методике неопределенности. Однако при определении содержания определенного вида нефтепродукта (характеризующегося наличием флуоресценции) с использованием соответствующего градуировочного графика, наблюдается повышение точности измерений (процент отклонения измеренного значения от действительного не превышает 8% по исследуемой выборке нефтепродуктов).

Следует отметить, что повышение точности измерений данным способом возможно лишь в случае загрязнения почв одним нефтепродуктом, при этом необходимо точно знать вид и марку нефтепродукта. В случае загрязнения двумя и более видами нефтепродуктов идентификация уровня загрязнения почв флуориметрическим методом невозможна за счет отсутствия возможности определения процентного содержания в почвах каждого из видов. К тому же, как показали результаты исследования смесей нефтепродуктов, при наличии в почвах малофлуоресцирующих нефтепродуктов также исключается возможность правильного определения их валового содержания.

В отличие от флуориметрического метода спектрофотометрия позволяет осуществлять более точную идентификацию уровня загрязнения почв нефтепродуктами в связи с наличием относительной стабильности спектров поглощения различных нефтепродуктов, и, соответственно, площади пиков поглощения (абсорбции), что объясняется отсутствием зависимости от содержания ароматических углеводородов.

Средний процент отклонения градуировочных графиков исследуемых нефтепродуктов от градуировочного графика по ГСО 7248-96 не превышает 16%. Допустимая погрешность измерений согласно РД 52.18.575-96 «Методические

указания. Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом инфракрасной спектрометрии. Методика выполнения измерений» составляет 7–21% в зависимости от диапазона измерений. При этом в случае использования соответствующих градуировочных графиков для каждого вида нефтепродукта процент отклонения измеренного значения от действительного не превышает 7%, что значительно увеличивает точность измерений при определении уровня загрязнения почв нефтепродуктами. Следует отметить, что в случае загрязнения почв несколькими видами нефтепродуктов сохраняется возможность определения валового содержания вне зависимости от их процентных содержаний в почве в связи с значительным отличием между собой значений градуировочных графиков по различным исследуемым нефтепродуктам.

### **Заключение**

Поступление таких нефтепродуктов, как бензин, дизельное топливо и различные масла, может создавать серьезную антропогенную нагрузку на окружающую среду. Крайне важна организация мониторинговых мероприятий на различных производственных объектах минерально-сырьевого комплекса, эксплуатирующих нефтепродукты в той или иной степени с целью предотвращения накопления поллютанта в концентрации свыше допустимого уровня (1000 мг/кг), что может привести к угнетению или полной гибели растительности, дальнейшей миграции и формированию литохимических потоков. При своевременном обнаружении разливов и утечек исключается возможность появления необратимых последствий для компонентов природной среды.

При проведении лабораторных исследований по установлению уровня загрязнения почв нефтепродуктами не-

обходимо обеспечить правильный подход, исходя из информации о предполагаемом виде нефтепродукта, поступившим в почву.

Таким образом, в случае загрязнения конкретным видом нефтепродукта (что может быть идентифицировано в большинстве случаев в результате анализа производственных процессов, приводящих к локальным разливам и утечкам), наличием подтвержденной информации о флуоресценции нефтепродукта, можно рекомендовать использование флуориметрических методов определения нефтепродуктов в почвах с использованием данного нефтепродукта при градуировке оборудования.

В случае отсутствия подтвержденной информации о способности нефтепродукта флуоресцировать при оптиче-

ском возбуждении или присутствия риска загрязнения несколькими видами нефтепродуктов, рекомендуется использование спектрофотометрических методов для определения валового содержания нефтепродуктов. При этом для градуировки оборудования может быть использован один из предполагаемых загрязнителей в связи с незначительным отличием между собой значений по градуировочным графикам различных нефтепродуктов.

Повышение точности измерений с использованием для градуировки оборудования конкретные виды нефтепродуктов, которыми предположительно загрязнены почвы, позволяет вовремя реагировать при превышении допустимого уровня загрязнения почв, исключая возможность миграции поллютанта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sultanbekov R. R., Nazarova M. N.* The influence of total sediment of petroleum products on the corrosiveness of the metal of the tanks during storage // E3S Web Conference. 2019, vol. 129, article 01015. DOI: 10.1051/e3sconf/201912101015.

2. *Sultanbekov R. R., Terekhin R. D., Nazarova M. N.* Effect of temperature fields and bottom sediments of oil products on the stress-strain state of the design of a vertical steel tank // Journal of Physics: Conference Series. 2020, vol. 1431, article 012055. DOI: 10.1088/1742-6596/1431/1/012055.

3. *Alekseenko V. A., Maximovich N. G., Alekseenko A. V.* Geochemical barriers for soil protection in mining areas / Assessment, restoration and reclamation of mining influenced soils. 2017, pp. 255 – 274. DOI: 10.1016/B978-0-12-809588-1.00009-8.

4. *Mysin A. V., Kovalevskiy V. N.* Creation and verification of numerical model of explosive charge blast in the ansys software system, for the purpose of substantiating the optimal parameters of drilling and blasting operations // E3S Web Conference. 2020, vol. 174, article 01046. DOI: 10.1051/e3sconf/202017401046.

5. *Cherermisina O., Ponomareva M., Bolotov V., Alabusheva V., Khaustov S.* The sorption process in the removal of sulfur components from industrial emissions // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. 2019, vol. 19, book 1.3, pp. 947 – 952. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S04.123.

6. *Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2019 году.* URL: [https://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) %D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%BE%20%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%B0%20%D0%B2%202019%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83.pdf.

7. Bykova M. V., Pashkevich M. A., Matveeva V. A., Sverchkov I. P. Assessment and abatement of the soil oil-contamination level in industrial areas / Topical Issues of Rational Use of Natural Resources – Proceedings of the International Forum-Contest of Young Researchers 2018. 2019, pp. 347 – 359.

8. Kuzhaeva A., Berlinskii I. Effects of oil pollution on the environment // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. 2018, vol. 18, book 5.1, pp. 313 – 320. DOI: 10.5593/sgem2018/5.1/S20.041.

9. Khudur L. S., Shahsavari E., Webster G. T., Nuggeoda D., Ball A. S. The impact of lead co-contamination on ecotoxicity and the bacterial community during the bioremediation of total petroleum hydrocarbon-contaminated soils // Environmental Pollution. 2019, vol. 253, pp. 939 – 948. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.07.107.

10. Мерзлякова А. С., Околелова А. А., Заикина В. Н., Пасикова А. В. Изменение свойств нефтезагрязненных почв // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2017. – Т. 7. – № 2. – С. 173 – 180. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-2-173-180.

11. Усачева Ю. Н. Функциональная активность и численность микроорганизмов в условиях нефтяного загрязнения почв // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 56 – 59.

12. Kovaleva E. I. Ecological evaluation of oil-contaminated soils (sakhalin) using enchytraeidae // Eurasian Soil Science. 2017, vol. 50, no. 3, pp. 350 – 358. DOI: 10.1134/S1064229317030073.

13. Berkadu A. A., Chen Q. Surfactant-enhanced soil washing for removal of petroleum hydrocarbons from contaminated soils: a review // Pedosphere. 2018, vol. 28, pp. 383 – 410.

14. Синькова Е. А. Экспериментальные исследования эффективности биологической очистки нефтезагрязненных грунтов // Записки Горного Института. – 2003. – Т. 155. – № 1. – С. 85 – 89.

15. О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами [Электронный ресурс]: Письмо Минприроды России (Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ) от 27 декабря 1993 года № 04-25. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

16. Околелова А. А., Желтобрюхов В. Ф. Особенности определения и нормирования нефтепродуктов в почвах // Естественно-гуманитарные исследования. – 2013. – № 1. – С. 12 – 18.

17. Быкова М. В., Пашкевич М. А. Оценка нефтезагрязненности почв производственных объектов различных почвенно-климатических зон Российской Федерации // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2020. – № 1. – С. 46 – 59. DOI: 10.46689/2218-5194-2020-1-1-46-59.

18. Ковалева Н. Г., Альферова О. Ф., Казика А. И., Еникеева А. Г. Особенности разработки стандартных образцов состава органических веществ на примере ГСО состава растворов нефтепродуктов в водорастворимой матрице // Стандартные образцы. – 2006. – № 4. – С. 43 – 50.

19. Клаптюк И. В., Чешко И. Д. Обнаружение следов светлых нефтепродуктов на месте пожара при поджогах // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. – 2012. – № 3. – С. 38 – 43.

20. Шеков А. А., Корякин А. А., Зырянов В. С. Исследование бензинов методом флуоресцентного анализа // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. – 2010. – № 1(52). – С. 71 – 75.

21. Околелова А. А., Капля В. Н., Лапченков А. Г. Оценка содержания нефтепродуктов в почвах // Научные Ведомости. Серия: Естественные науки. – 2019. – Т. 43. – № 1. – С. 76 – 84. DOI 10.18413/2075-4671-2019-43-1-76-86.

22. Федотов Ю. В., Матросова О. А., Белов М. Л., Городничев В. А. Экспериментальные исследования спектров флуоресценции природных образований и нефтяных загряз-

ний // *Машиностроение и компьютерные технологии*. — 2011. — № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-spektrov-fluorestsentsii-prirodnyh-obrazovaniya-i-neftyanyh-zagryazneniy> (дата обращения: 15.04.2021 г.).

23. Конюшенко И. О., Кукушкин С. А., Немец В. М. Исследование особенностей и возможностей идентификации бензинов лазерной флуориметрии с применением метода главных компонент для обработки результатов спектроскопических измерений // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Физика и химия*. — 2012. — № 4. — С. 36–42.

24. Панкратова К. Г., Щелоков В. И., Ступакова Г. А., Игнатъева Е. Э., Стрелетова А. В. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии // *Плодородие*. — 2013. — № 2. — С. 47–49.

25. Иванова Л. В., Сафиева Р. З., Кошелев В. Н. ИК-спектроскопия в анализе нефти и нефтепродуктов // *Вестник Башкирского университета*. — 2008. — Т. 13. — № 4. — С. 869–874.

26. Варехов А. Г. Флуоресцентный метод исследования и измерение октанового числа бензинов // *Технико-технологические проблемы сервиса*. — 2013. — № 2(24). — С. 14–18.

27. Сидоренко В. М., Магомедов М. Д., Огнева П. Г. Дистанционный флуориметрический мониторинг нефтяных загрязнений на водной поверхности // *Записки Горного Института*. — 2001. — Т. 149. — С. 117–120.

28. Ушаков И. Е. Радиолокационный мониторинг загрязнений морской поверхности нефтепродуктами с буровых платформ и транспортных судов // *Записки Горного Института*. — 2016. — Т. 219. — С. 421–427. DOI: 10.18454/PMI.2016.3.421.

29. Ushakov I. E., Vinogradova A. A. Non-contact methods and means of measuring the oil film thickness on the water surface // *Journal of Physics: Conference Series*. 2019, vol. 1384, no. 1. DOI: 10.1088/1742-6596/1384/1/012066.

30. Агишева С. Т. Сведения о стандартных образцах утвержденных типов, срок действия свидетельств которых продлен в 2014 году // *Эталоны. Стандартные образцы*. — 2013. — № 1. — С. 57–61.

31. Финоченко В. А., Финоченко Т. А. Анализ методов определения концентраций нефтепродуктов в природных и сточных водах // *Вестник РГУПС*. — 2003. — № 1. — С. 100–102.

32. Ступакова Г. А., Панкратова К. Г., Щелоков В. И., Игнатъева Е. Э. К вопросу обеспечения единства измерений при оценке содержания нефтепродуктов в почвах // *Плодородие*. — 2011. — № 1. — С. 24–25.

33. Леоненко И. И., Антонович В. П., Андрианов А. М., Безлуцкая А. М., Цымбалюк К. К. Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды (обзор) // *Методы и объекты химического анализа*. — 2010. — Т. 5. — № 2. — С. 58–72.

34. Горюнова С. М., Задворнова О. В., Юсупов Р. А., Николаева Н. Г. Метрологическое обеспечение внутрилабораторных испытаний нефтепродуктов // *Вестник Казанского технологического университета*. — 2003. — № 1. — С. 399–403.

35. Ткаченко И. Ю., Гладилович Д. Б., Нежиховский Г. Р. Оценивание неопределенности измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв флуориметрическим методом // *Системы обработки информации*. — 2014. — № 3(119). — С. 69–75. **ИЗДАНИЕ**

## REFERENCES

1. Sultanbekov R. R., Nazarova M. N. The influence of total sediment of petroleum products on the corrosiveness of the metal of the tanks during storage. *E3S Web Conference*. 2019, vol. 129, article 01015. DOI: 10.1051/e3sconf/201912101015.

2. Sultanbekov R. R., Terekhin R. D., Nazarova M. N. Effect of temperature fields and bottom sediments of oil products on the stress-strain state of the design of a vertical steel tank.

*Journal of Physics: Conference Series*. 2020, vol. 1431, article 012055. DOI: 10.1088/1742-6596/1431/1/012055.

3. Alekseenko V. A., Maximovich N. G., Alekseenko A. V. Geochemical barriers for soil protection in mining areas. *Assessment, restoration and reclamation of mining influenced soils*. 2017, pp. 255 – 274. DOI: 10.1016/B978-0-12-809588-1.00009-8.

4. Mysin A. V., Kovalevskiy V. N. Creation and verification of numerical model of explosive charge blast in the ansys software system, for the purpose of substantiating the optimal parameters of drilling and blasting operations. *E3S Web Conference*. 2020, vol. 174, article 01046. DOI: 10.1051/e3sconf/202017401046.

5. Cherermisina O., Ponomareva M., Bolotov V., Alabusheva V., Khaustov S. The sorption process in the removal of sulfur components from industrial emissions. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019*. 2019, vol. 19, book 1.3, pp. 947 – 952. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S04.123.

6. *Godovoy otchet o deyatelnosti federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2019 godu* [Annual report on the activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision in 2019], available at: [https://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/%D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%BE%20%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%B0%20%D0%B2%202019%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83.pdf](https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/%D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%BE%20%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%B0%20%D0%B2%202019%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83.pdf).

7. Bykova M. V., Pashkevich M. A., Matveeva V. A., Sverchkov I. P. Assessment and abatement of the soil oil-contamination level in industrial areas. *Topical Issues of Rational Use of Natural Resources – Proceedings of the International Forum-Contest of Young Researchers 2018*. 2019, pp. 347 – 359.

8. Kuzhaeva A., Berlinskii I. Effects of oil pollution on the environment. *18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018*. 2018, vol. 18, book 5.1, pp. 313 – 320. DOI: 10.5593/sgem2018/5.1/S20.041.

9. Khudur L. S., Shahsavari E., Webster G. T., Nuggeoda D., Ball A. S. The impact of lead co-contamination on ecotoxicity and the bacterial community during the bioremediation of total petroleum hydrocarbon-contaminated soils. *Environmental Pollution*. 2019, vol. 253, pp. 939 – 948. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.07.107.

10. Merzlyakova A. S., Okolelova A. A., Zaikina V. N., Pasikova A. V. Change in the properties of oil-contaminated soils. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya*. 2017, vol. 7, no. 2, pp. 173 – 180. [In Russ]. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-2-173-180.

11. Usacheva Yu. N. The functional activity and the number of microorganisms in the conditions of oil pollution of soils. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013, no. 3, pp. 56 – 59. [In Russ].

12. Kovaleva E. I. Ecological evaluation of oil-contaminated soils (sakhalin) using enchytraeidae. *Eurasian Soil Science*. 2017, vol. 50, no. 3, pp. 350 – 358. DOI: 10.1134/S1064229317030073.

13. Berkadu A. A., Chen Q. Surfactant-enhanced soil washing for removal of petroleum hydrocarbons from contaminated soils: a review. *Pedosphere*. 2018, vol. 28, pp. 383 – 410.

14. Sinkova E. A. Experimental studies of the effectiveness of biological treatment of oil-contaminated soils. *Journal of Mining Institute*. 2003, vol. 155, no. 1, pp. 85 – 89. [In Russ].

15. *O poryadke opredeleniya razmerov ushcherba ot zagryazneniya zemel' himicheskimi veshchestvami* [On the procedure for determining the amount of damage caused by land pollution with chemicals], available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5189/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5189/) (accessed 20.04.2021). [In Russ].

16. Okolelova A. A., Zheltobryukhov V. F. Features of determination and rationing of petroleum products in soils. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya*. 2013, no. 1, pp. 12–18. [In Russ].

17. Bykova M. V., Pashkevich M. A. Assessment of oil contamination of soils of production facilities of various soil and climatic zones of the Russian Federation. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta, Nauki o zemle*. 2020, no. 1, pp. 46–59. [In Russ]. DOI: 10.46689/2218-5194-2020-1-1-46-59.

18. Kovaleva N. G., Alferova O. F., Kazika A. I., Enikeeva A. G. Features of the development of standard samples of the composition of organic substances on the example of the state standard sample of the composition of solutions of petroleum products in a water-soluble matrix. *Standartnye obrazcy*. 2006, no. 4, pp. 43–50. [In Russ].

19. Klapyuk I. V., Cheshko I. D. Detection of traces of light petroleum products at the site of a fire during arson. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii*. 2012, no. 3, pp. 38–43. [In Russ].

20. Shekov A. A., Koryakin A. A., Zyryanov V. S. Investigation of gasoline by the method of fluorescent analysis. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii*. 2010, no. 1(52), pp. 71–75. [In Russ].

21. Okolelova A. A., Kaplya V. N., Lapchenkov A. G. Assessment of the content of petroleum products in soils. *Nauchnye Vedomosti. Seriya: Estestvennye nauki*. 2019, vol. 43, no. 1, pp. 76–84. [In Russ]. DOI 10.18413/2075-4671-2019-43-1-76-86.

22. Fedotov Yu. V., Matrosova O. A., Belov M. L., Gorodnichev V. A. Experimental studies of fluorescence spectra of natural formations and oil pollution. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii*. 2011, no. 11. [In Russ], available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-spektrov-fluorestsentsii-prirodnyh-obrazovaniya-i-neftyanyh-zagryazneniy> (accessed 15.04.2021 r.).

23. Konyushenko I. O., Kukushkin S. A., Nemets V. M. Investigation of the features and possibilities of gasoline identification by laser fluorimetry using the principal component method for processing the results of spectroscopic measurements. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Fizika i khimiya*. 2012, no. 4, pp. 36–42. [In Russ].

24. Pankratova K. G., Shchelokov V. I., Stupakova G. A., Ignatieva E. E., Strepetova A. V. Determination of the content of petroleum products in the soil by near-infrared spectroscopy. *Plodorodie*. 2013, no. 2, pp. 47–49. [In Russ].

25. Ivanova L. V., Safieva R. Z., Koshelev V. N. IR-spectrometry in the analysis of oil and petroleum products. *Vestnik Bashkirskogo universiteta*. 2008, vol. 13, no. 4, pp. 869–874. [In Russ].

26. Varekhov A. G. The fluorescent method of investigation and measurement of the octane number of gasoline. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa*. 2013, no. 2(24), pp. 14–18. [In Russ].

27. Sidorenko V. M., Magomedov M. D., Ogneva P. G. Remote fluorimetric monitoring of oil pollution on the water surface. *Journal of Mining Institute*. 2001, vol. 149, pp. 117–120.

28. Ushakov I. E. Radar monitoring of pollution of the sea surface with petroleum products from drilling platforms and transport vessels. *Journal of Mining Institute*. 2016, vol. 219, pp. 421–427. [In Russ]. DOI: 10.18454/PMI.2016.3.421.

29. Ushakov I. E., Vinogradova A. A. Non-contact methods and means of measuring the oil film thickness on the water surface. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019, vol. 1384, no. 1. DOI: 10.1088/1742-6596/1384/1/012066.

30. Agisheva S. T. Information on standard samples of approved types, the validity of certificates of which was extended in 2014. *Etalony. Standartnye obraztsy*. 2013, no. 1, pp. 57–61. [In Russ].

31. Finochenko V. A., Finochenko T. A. Analysis of methods for determining the concentrations of petroleum products in natural and waste waters. *Vestnik Rostovskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya*. 2003, no. 1, pp. 100–102. [In Russ].

32. Stupakova G. A., Pankratova K. G., Shchelokov V. I., Ignatieva E. E. On the issue of ensuring the uniformity of measurements in assessing the content of petroleum products in soils. *Plodorodie*. 2011, no. 1, pp. 24 – 25. [In Russ].

33. Leonenko I. I., Antonovich V. P., Andrianov A. M., Bezlutskaia A. M., Tsybalyuk K. K. Methods for determining petroleum products in waters and other environmental objects (review). *Metody i ob"ekty himicheskogo analiza*. 2010, vol. 5, no. 2, pp. 58 – 72. [In Russ].

34. Goryunova S. M., Zadornova O. V., Yusupov R. A., Nikolaeva N. G. Metrological support of in-laboratory tests of petroleum products. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2003, no. 1, pp. 399 – 403. [In Russ].

35. Tkachenko I. Yu., Gladilovich D. B., Nezhikhovskiy G. R. Estimation of uncertainty of measurements of the mass fraction of petroleum products in soil samples by the fluorimetric method. *Sistemy obrabotki informatsii*. 2014, no. 3(119), pp. 69 – 75. [In Russ].

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пашкевич Мария Анатольевна<sup>1</sup> – д-р техн. наук,  
профессор, зав. кафедрой,

Быкова Марина Валерьевна<sup>1</sup> – аспирант,  
e-mail: marina-bykova-1993@mail.ru,

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет.

**Для контактов:** Быкова М.В., e-mail: marina-bykova-1993@mail.ru.

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

M.A. Pashkevich<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.),

Professor, Head of Chair,

M.V. Bykova<sup>1</sup>, Graduate Student,

e-mail: marina-bykova-1993@mail.ru,

<sup>1</sup> Saint-Petersburg Mining University,

199106, Saint-Petersburg, Russia.

**Corresponding author:** M.V. Bykova, e-mail: marina-bykova-1993@mail.ru.

Получена редакцией 11.06.2021; получена после рецензии 10.02.2022; принята к печати 10.03.2022.

Received by the editors 11.06.2021; received after the review 10.02.2022; accepted for printing 10.03.2022.



---

### НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»

---



Куликова Е.Ю., Жуков С.А.

**Геотехнологическая и экологическая безопасность  
городского подземного строительства**

Год: 2021

Страниц: 720

ISBN: 978-5-98672-541-3

UDK: 69.035.4:502.5

В монографии рассмотрены основные аспекты обеспечения геотехнологической и экологической безопасности при освоении подземного пространства городов: технологическая и экологическая надежности подземных сооружений города, способы идентификации и управления рисками, виды мониторинга и экологического аудита.