

УДК 504.064

Nikolayelfimov@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ КАПЕЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА,
КАК ОПЕРАТИВНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ПОЧВ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ НЕФТЕПРОДУТАМИ РАЗНОГО ВИДА**

**APPLICATION OF DRIP-LUMINESCENT ANALYSIS AS AN OPERATIONAL
METHOD FOR DIAGNOSING SOIL CONTAMINATION IN THE NORTHERN
REGIONS WITH OIL PRODUCTS OF DIFFERENT TYPES**

*Елфимов Н.В.,
ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Железногорск*

*Elfimov N.,
Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk*

В данной статье рассмотрена методика проведения оценки распространения загрязнений почвы нефтепродуктами разного вида. Приведен ряд примеров наиболее существенных аварий, связанных с разливами нефти и (или) нефтепродуктов, повлекших за собой тяжелые последствия для окружающей среды. Рассмотрен почвенный слой арктической зоны, состав нефти и её основные составляющие компоненты, а также отражены негативные особенности влияния нефти и (или) нефтепродуктов на почвенный покров. Проведено описание подготовки образцов почв и выбора материала в качестве нейтрального носителя, позволяющего сохранять полученные результаты исследования на длительный период времени и в дальнейшем использовать полученные фильтры для проведения различных экспертиз. Разобраны этапы проведения эксперимента, связанного с загрязнением почвы нефтепродуктами разного вида. На основании проведённых экспериментов и полученных результатов сделан вывод об эффективном применении метода капельно-люминесцентного анализа для определения уровня загрязнения почвенного покрова и количества привнесения, что является одним из основных факторов своевременного принятия решений для проведения аварийно-спасательных работ по ликвидации последствий аварий, связанных с разливами нефти и (или) нефтепродуктов. С учетом результатов проведенных исследований предложено применять метод капельно-люминесцентного анализа как экспресс-анализа для диагностики загрязнения почвы непосредственно на месте происшествия.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, нефть, нефтепродукты, капельно-люминесцентный анализ, экспресс-анализ, область свечения.

This article discusses the methodology for assessing the spread of soil pollution by petroleum products of various types. A number of examples of the most significant accidents involving oil and/or petroleum product spills that have had severe environmental consequences are provided. The soil layer of the Arctic zone, the composition of oil and its main components, as well as negative features of the influence of oil and (or) petroleum products on the soil cover are considered. A description of the preparation of soil samples and the selection of material as a neutral carrier was carried out, which makes it possible to save the obtained study results for a long period of time and subsequently use the obtained filters for various examinations. The stages of the experiment related to soil pollution with petroleum products of various types were analyzed. Based on the experiments

conducted and the results obtained, it was concluded that the drip-luminescent analysis method was effectively used to determine the level of soil contamination and the amount of introduction, which is one of the main factors for timely decision-making for emergency rescue operations to eliminate the consequences of accidents related to oil and (or) petroleum products spills. Taking into account the results of the studies, it is proposed to use the drop-luminescent analysis method as a rapid analysis for diagnosing soil pollution directly at the scene.

Keywords: oil and gas industry, oil, oil products, drip-luminescent analysis, express analysis, glow area.

Сегодня для поддержания сырьевого сектора экономики страны специалисты в данной области активно проводят работы по изысканию и освоению новых месторождений полезных ископаемых, возводя при этом различные производственные объекты. Стоит отметить, что повышенная активность происходит по освоению северных территорий нашей страны, что является одним из приоритетных направлений стратегического развития. Учитывая масштабы проведения работ на данных территориях, нельзя исключать возможности возникновения различных ситуаций, связанных с несанкционированным разливом нефти и (или) нефтепродуктов по почвенному покрову, что в последствии негативно сказывается на состоянии окружающей среды. Учитывая статистику происшествий, связанных с разливами нефти и (или) нефтепродуктов за последние годы, можно выделить ряд аварий, повлекших за собой тяжелые последствия:

г. Находка Приморского края – разлив мазута (2500 т);

г. Норильск Красноярского края – разлив дизельного топлива (более 20000 т);

г. Химки Московской области – разлив ГСМ (23000 м²);

Таймыр – разлив ГСМ (1 т).

И это еще не полный список происшествий, связанных с разливами нефтепродуктов по почвенному покрову. Причины, разливов нефти и (или) нефтепродуктов по почвенному покрову могут быть самые разные и возникать на самых разных стадиях работы, начиная с проведения геологоразведки и заканчивая конечной ста-

дией поставки сырья до потребителя. Следует отметить, что аварии на нефтепроводах по степени негативного влияния, оказываемого на окружающую среду, превосходят другие опасные факторы. Более негативное влияние оказывают аварии, произошедшие на нефтепроводах, имеющих значительную протяженность. Также стоит отметить, что трубопроводы прокладываются как открытым, так и закрытым способом, что в значительной мере влияет на своевременность обнаружения порыва.

Учитывая, что почвы в районах арктической зоны формировались в тяжелых климатических условиях, они характеризуются слабым развитием почвенных процессов, гумусный горизонт которых составляет от 4 до 10 см. В большей мере почва состоит из суглинистых и глинистых отложений генезиса в 3 – 6 см. из щебеночных и песчаных пород [1]. В целом рассматривая устойчивость почв к нефтяным загрязнениям, можно отметить высокую проницаемость и сорбционную особенность подзолистых почв и способность к высокой вертикальной проницаемости загрязнения у аллювиальных почв. Также к почвам наименее устойчивым к загрязнению нефтью и (или) нефтепродуктами относятся болотистые и глеевые почвы, обладающие специфическими свойствами. Для проведения эксперимента, связанного с определением идентификации загрязнения почвы нефтепродуктами, были использованы схожие образцы песчаной и суглинистой почв.

Следует отметить, что сегодня в арсенале у экспертов имеется достаточно ме-

тодов и возможностей проведения экспертиз по определению подобных загрязнений, при этом существуют методы, позволяющие получать результаты экспертизы в реальном времени. Основным направлением развития экспертиз было и остается совершенствование существующих методик, а также внедрение современных приборов, которые способны проводить аналитический анализ вместо лабораторного [1, 3 – 5]. Стоит отметить, что, несмотря на проводимую активную работу в данном направлении, а использование новых технологий при проведении экспертиз, остаются случаи допущения неточностей на начальной стадии, а именно на стадиях проведения отбора пробы и дальнейшей ее подготовки.

Таким образом, учитывая, что современные технологии не гарантируют в полной мере достоверность полученных результатов, а также имеют место трудности, связанные с проведением мероприятий по взятию проб отбора загрязненной почвы в суровых климатических условиях и отдаленных мест возможного происхождения аварии, предлагается на начальной стадии определения природы загрязнения почвы использовать в качестве экспресс-анализа капельно-люминесцентный метод. Данный метод предполагает нанесение на загрязненную почву нелюминесцирующего растворителя с последующей визуальной фиксацией результатов при ультрафиолетовом свете. Так как при визуальной фиксации полученных результатов возможны неточности в определении свечения на поверхности загрязнения, а также учитывая затруднения проведения такого экспресс-анализа на почве из-за быстрого впитывания растворителя в почву, предлагается при исследовании нефтяных загрязнений переносить нефтяные компоненты на нейтральный носитель, который позволит сохранить результаты и использовать их в дальнейшем при проведении различных экспертиз. В ходе сравнительного анализа различных материалов для использования в качестве нейтрального носителя

был сделан выбор в пользу фильтров обеззоленных маркировки «красная полоса» [3, 4].

Немаловажно помнить, что нефть по своей сути является веществом, которое содержит в себе большое разнообразие углеводородов различного строения природного происхождения, и что нефть каждого месторождения отличается по следующим параметрам:

плотность (легкие и тяжелые сорта);
состав серы (малосернистая – менее 0,5 %, сернистая – 0,5%, высокосернистая – более 2,0 – 2,5 %);

содержание парафинов (малопарафинистые – не более 1,5 об. %, парафинистые – от 1,5 до 6 об. % и высокопарафинистые – более 6 об. %);

газосодержание (в пластовых условиях показатель месторождения нефти на территории Российской Федерации в диапазоне от 20 до 1000 м³/т).

Также нефть в своем составе содержит углерод, водород, азот, углекислый газ, кислород, серу, хлор в незначительных количествах, фосфор, мышьяк и т. п. [2]. Следует учитывать тот факт, что парафин имеет температуру застывания +18 °С и выше, трудно поддается окислению и практически не разрушается при воздействии на него микроорганизмов, соответственно, он губительно влияет на состояние почвы. При этом парафин, попадая в почву, в значительной мере препятствует свободному влаго- и воздухообмену, что в последствии приводит к полной деградации биоценоза. Именно поэтому в случае обнаружения разлива нефтепродуктов необходимо установить характер аварии, объем причиненного ущерба для окружающей среды и возможность ее восстановления. Для этого необходимо в кратчайшие сроки провести распознавание источника загрязнения и по возможности установить виновного в данном происшествии [3, 4]. Для понимания масштабов произошедшей аварии, специалистам необходимо иметь данные по распространению нефтяного загрязнения, а

менно скорость загрязнения по горизонтали почвенного покрова и его глубину. Эти показатели являются одними из основных для определения первоочередности действий, направленных на проведение аварийно-спасательных работ, связанных с ликвидацией последствий разлива нефти и (или) нефтепродукта по почвенному покрову. При этом учитывая весь ряд реализуемых задач при проведении определения источника загрязнения, можно утверждать, что это остаётся одним из основных направлений в области проведения экспертизы [3,4].

Для подтверждения эффективности применения капельно-люминесцентного анализа в практической деятельности как метода экспресс-анализа было проведено исследование идентификации загрязнения почв нефтепродуктами.

В ходе проведения исследования объект исследования использовались бензин марки АИ-95 и дизельное топливо «универсальное». Дерново-подзолистая песчаная и суглинистая почва были рассмотрены как носители загрязнения. На первом этапе проведения исследования отобранную почву просушили в естественных условиях и далее просеяли с помощью сита (1 мм), что позволило очистить почву от мусора и различных включений. Полученные образцы почв подверглись загрязнению нефтепродуктами (3 мл) с последующим исследованием образцов, которое проводилось через шесть дней после их загрязнения.

Проведение исследования с применением метода капельно-люминесцентного анализа заключался в следующем:

Фильтровальная бумага прижималась при помощи стеклянной палочки к поверхности загрязненного образца почвы, далее при помощи шприца по ней к центру подавался растворитель (гексан – 3 мл) Подача осуществлялась капельным методом с последующим изучением фильтров в ультрафиолетовом свете. Результаты исследования были изучены сразу после нанесения растворителя, а также после его полного

испарения. В целях сравнения результатов исследования в первую очередь осуществлялся анализ образцов почв без добавления в неё нефтепродуктов. При исследовании незагрязнённых почв были зафиксированы органические компоненты, характеризующиеся свечением в ультрафиолетовом свете. Далее проводились исследования почв, загрязнённых бензином и дизельным топливом. По полученным результатам установлено, что граница фиксируемых пятен и интенсивность люминесценции имеют заметные отличия для образцов почв, загрязнённых бензином и дизельным топливом.

Результаты, полученные при исследовании образцов почв, загрязнённых бензином, имеют характерное яркое свечение в виде кольца и разброс диаметра пятен не превышает 10 %, что означает хорошую воспроизводимость получаемых результатов. Для исключения отклонений показаний в ходе проведения параллельных исследований загрязнённых почв и соблюдения одинаковых условий (исключение ошибки эксперта), необходимо перед началом разработки методики конкретно определить используемое количество экстрагента, а также временной интервал его нанесения на загрязнённую поверхность. При наличии соответствующих технических средств рекомендовано применять оборудование дающее возможность равномерного поступления растворителя на фильтр.

По результатам проведенного исследования загрязнённых образцов почв была выявлена прямая зависимость между образованным диаметром пятна и количества нефтепродукта. Также необходимо отметить, что существенного увеличения интенсивности свечения при ультрафиолетовом свете не наблюдалось, что указывает на концентрационное тушение люминесценции. Полученный результат исследования образцов почв, загрязнённых бензином, показал следующее: голубое свечение в центре пятна и ярко-голубое по краям,

указывает на хроматографическое разделение компонентов бензина марки АИ-95 в образце.

В ходе визуального сравнения полученных результатов капельно-люминесцентного анализа загрязнённых бензином и дизельным топливом почв необходимо отметить, что при загрязнении дизельным топливом полученные пятна обладают более ярким свечением люминесценции с широким ярко-голубым ореолом по краю, чем у почв, загрязненных бензином. Также отмечено, что чем больше количества дизельного топлива в почве, тем будет ярче свечение в ультрафиолетовом свете, а также будет происходить увеличение диаметра пятна.

Опираясь на полученные результаты проведенного исследования, можно говорить, что применение метода капельно-люминесцентного анализа как экспресс-анализа на месте происшествия позволяет провести визуальное (по особенностям свечения) диагностирование почвы, определить наличие загрязнения, вид и количество принесенного нефтепродукта.

При проведении исследований на месте аварии, связанной с разливами нефтепродуктов, необходимо отметить, что среднее значение диаметров пятен может существенно отличаться, так как в значительной мере это связано с наличием изначального загрязнения почвы, ведь на по-

лучаемый результат будут оказывать влияние почвообразующие процессы и свойства самой почвы.

Компоненты сильно загрязненных почв с наличием значительного количества нефтепродуктов могут повлечь к тушению люминесценции, что будет влиять на общую картину люминесценции. Стоит отметить, результаты, полученные в ходе исследования загрязненных почв, определяют признаки, которые характерны загрязнению бензином или дизельным топливом. Опираясь на результаты, исследования можно говорить об эффективном применении метода капельно-люминесцентного анализа в качестве экспресс-анализа, пригодного для проведения экспертизы природы загрязнения почв нефтепродуктами разного вида.

Учитывая, что одним из приоритетных направлений создания современных методик, направленных на проведение исследований в области мониторинга и анализа объектов окружающей среды, является минимизация времени аналитического определения [6 – 9], а также упрощение проведения экспресс-анализа загрязнения почвы нефтепродуктами, основанного на капельно-люминесцентном методе, предлагается использовать данный метод в качестве основного для проведения первоначальной диагностики мест загрязнения почвы в труднодоступной местности, а также в суровых климатических условиях крайнего севера.

Литература

1. Разливы нефти и нефтепродуктов в России за 2020 год. URL: <https://terra-ecology.ru/razlivy-nefteproduktov-v-rossii-za-2020> (дата обращения: 09.03.2021).
2. Нефтяные реки. URL: <https://dprom.online/oilngas/neftyanye-reki/> (дата обращения: 15.02.2019).
3. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М., 2018. 207 с.
4. Ожегов Э. А., Гусев К. Г., Ловчиков В. А. Использование высокоэффективной жидкостной хроматографии для идентификации нефтяных загрязнений // Научно-аналитический журнал «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в сфере безопасности». 2013. № 4. С. 61–67.
5. Фаргиев М. А., Галишев М. А., Щербаков О. В. Анализ состояния почвенного покрова на объектах нефтегазового комплекса по результатам изучения перераспределения нефтяного загрязнения между сопредельными природными средами // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 3 (27). С. 40–47.
6. Ожегов Э. А., Гадышев В. А., Щербаков О. В. Изучение возможности использования полиароматических углеводородов нефти для идентификации нефтяных загрязнений // Научный электронный журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2013. № 2. С. 22–28.

7. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М., 2018. 207 с.
8. Галишев М. А. и др. Мониторинг опасного воздействия нефтепродуктов на природные и техногенные системы в условиях чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса. СПб., 2017. 209 с.
9. Елфимов Н. В., Бельшина Ю. Н., Клейменов А. В. Способ исследования нефти и нефтепродуктов методом люминесцентного анализа при решении задач диагностики и идентификации загрязнений // Научно-аналитический журнал «Вестник Воронежского института ГПС МЧС России». 2017. № 2 (23). С. 99–104.

References

1. Razlivy нефти i nefteproduktov v Rossii za 2020 god. URL: <https://terra-ecology.ru/razlivy-nefteproduktov-v-rossii-za-2020> (data obrashcheniya: 09.03.2021).
2. Neftyanye reki. URL: <https://dprom.online/oilngas/neftyanye-reki/> (data obrashcheniya: 15.02.2019).
3. Pikovskij YU. I. Prirodnye i tekhnogennye potoki uglevodorodov v okruzhayushchej srede. M., 2018. 207 s.
4. Ozhegov E. A., Gusev K. G., Lovchikov V. A. Ispol'zovanie vysokoeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii dlya identifikacii neftyanyh zagryaznenij // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Nadzornaya deyatel'nost' i sudebnaya ekspertiza v sfere bezopasnosti». 2013. № 4. S. 61–67.
5. Fargiev M. A., Galishev M. A., Shcherbakov O. V. Analiz sostoyaniya pochvennogo pokrova na ob"ektah neftegazovogo kompleksa po rezul'tatam izucheniya pereraspredeleniya neftyanogo zagryazneniya mezhdru sopredel'nymi prirodnyimi sredami // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2013. № 3 (27). S. 40–47.
6. Ozhegov E. A., Gadyshchev V. A., Shcherbakov O. V. Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovaniya poliaromaticeskikh uglevodorodov nefiti dlya identifikacii neftyanyh zagryaznenij // Nauchnyj elektronnyj zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii». 2013. № 2. S. 22–28.
7. Pikovskij YU. I. Prirodnye i tekhnogennye potoki uglevodorodov v okruzhayushchej srede. M., 2018. 207 s.
8. Galishev M. A. i dr. Monitoring opasnogo vozdejstviya nefteproduktov na prirodnye i tekhnogennye sistemy v usloviyah chrezvychajnyh situacij na ob"ektah neftegazovogo kompleksa. SPb., 2017. 209 s.
9. Elfimov N. V., Bel'shina YU. N., Klejmenov A. V. Sposob issledovaniya nefiti i nefteproduktov metodom lyuminescentnogo analiza pri reshenii zadach diagnostiki i identifikacii zagryaznenij // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii». 2017. № 2 (23). S. 99–104.