
ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Научная статья

УДК 504.064; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-175-185

ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ СЕЛЕКТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ФОНЕ СОДЕРЖАЩИХСЯ В ПОЧВАХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

✉ Зайкин Руслан Григорьевич.

Специальное управление федеральной противопожарной службы № 50 МЧС России, Санкт-Петербург, Россия;

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ ruslan-zajkin@yandex.ru

Аннотация. Чрезвычайные ситуации, связанные с загрязнением почвы нефтью и нефтепродуктами, являются одной из важнейших проблем, препятствующих достижению целей устойчивого развития. Установлено, что количество аварий на объектах нефтегазового комплекса находится на стабильно высоком уровне. Такие аварии с достаточной регулярностью сопровождаются разливами нефтепродуктов и попаданием их в почву. Актуальным является совершенствование системы мониторинга и контроля состояния почвенного покрова, позволяющей осуществлять прогнозирование возникновения и развития чрезвычайных ситуаций.

Определены особенности загрязнения нефтепродуктами почвы как компонента окружающей среды. Представлены требования к системе мониторинга и контроля. Обосновано, что для исследования почв на содержание нефтепродуктов целесообразно использовать арбитражный метод инфракрасной спектроскопии и метод молекулярной люминесценции. Определены области применения методов, основные ограничения и пути их преодоления.

На основании проведенных экспериментов установлены корреляционные зависимости между результатами, полученными двумя представленными методами, проведен их анализ. Экспериментально подтверждена возможность определения концентраций органических веществ в почве, составляющих природный фон. Определена целесообразность нормирования нефтепродуктов в почве на локальном уровне.

Представлена концепция селективного обнаружения техногенного нефтяного загрязнения на фоне содержащихся в почвах органических веществ. Определены параметры нормирования содержания нефтепродуктов в почве на локальной территории.

Ключевые слова: почва, нефтяное загрязнение, чрезвычайная ситуация, инфракрасная спектроскопия, молекулярная люминесценция, углеводороды, ароматические соединения, скрининговый метод анализа, нормирование, мониторинг, прогнозирование

Для цитирования: Зайкин Р.Г. Обоснование концепции селективного обнаружения техногенного нефтяного загрязнения на фоне содержащихся в почвах органических веществ // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 3 (71). С. 175–185. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-175-185.

Scientific article

SUBSTANTIATION OF THE CONCEPT OF SELECTIVE DETECTION OF TECHNOGENIC OIL POLLUTION AGAINST THE BACKGROUND OF ORGANIC SUBSTANCES CONTAINED IN SOILS

✉ Zaykin Ruslan G.

Special department of the federal fire service № 50 of EMERCOM of Russia,

Saint-Petersburg, Russia;

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ ruslan-zajkin@yandex.ru

Abstract. Emergencies related to soil pollution by oil and petroleum products are one of the most important problems hindering the achievement of sustainable Development Goals. It has been established that the number of accidents at the facilities of the oil and gas complex is at a consistently high level. Such accidents are accompanied with sufficient regularity by spills of petroleum products and their ingress into the soil. Relevant is to improve the system of monitoring and control of the state of the soil cover, which allows forecasting the occurrence and development of emergency situations.

The features of oil pollution of the soil as a component of the environment are determined. The requirements for the monitoring and control system are presented. It is proved that it is advisable to use the arbitration method of infrared spectroscopy and the method of molecular luminescence to study soils for the content of petroleum products. The areas of application of the methods, the main limitations and ways to overcome them are determined.

Based on the conducted experiments, correlations between the results obtained by the two presented methods were established and their analysis was carried out. The possibility of determining the concentrations of organic substances in the soil that make up the natural background has been experimentally confirmed. The expediency of rationing petroleum products in the soil at the local level has been determined.

The concept of selective detection of technogenic oil pollution against the background of organic substances contained in soils is presented. The parameters of rationing the content of petroleum products in the soil in the local area have been determined.

Keywords: soil, oil pollution, emergency, infrared spectroscopy, molecular luminescence, hydrocarbons, aromatic compounds, screening method of analysis, rationing, monitoring, forecasting

For citation: Zaykin R.G. Substantiation of the concept of selective detection of technogenic oil pollution against the background of organic substances contained in soils // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 3 (71). P. 175–185. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-175-185.

Введение

Чрезвычайные ситуации (ЧС), связанные с загрязнением почвы нефтью и нефтепродуктами, являются одной из важнейших проблем, препятствующих достижению целей устойчивого развития (ЦУР). Разведка, добыча углеводородного (УВ) сырья, транспортировка нефти и нефтепродуктов, их хранение, переработка, использование связаны с возможностью попадания нефтепродуктов в почвы. Необходимость сохранения экосистем суши, заявленная Организацией Объединенных Наций в качестве ЦУР15, требует принятия мер, направленных на предотвращение, выявление и ликвидацию ЧС, обусловленных нефтяным загрязнением [1].

Анализ динамики аварийности, проведенный по официальным данным [2], показывает, что количество аварий на объектах нефтегазового комплекса находится на стабильно высоком уровне, что составляет 30 аварий/год на протяжении 2020–2022 гг. (рис. 1), значительное число аварий происходит на объектах нефтегазодобывающей промышленности.

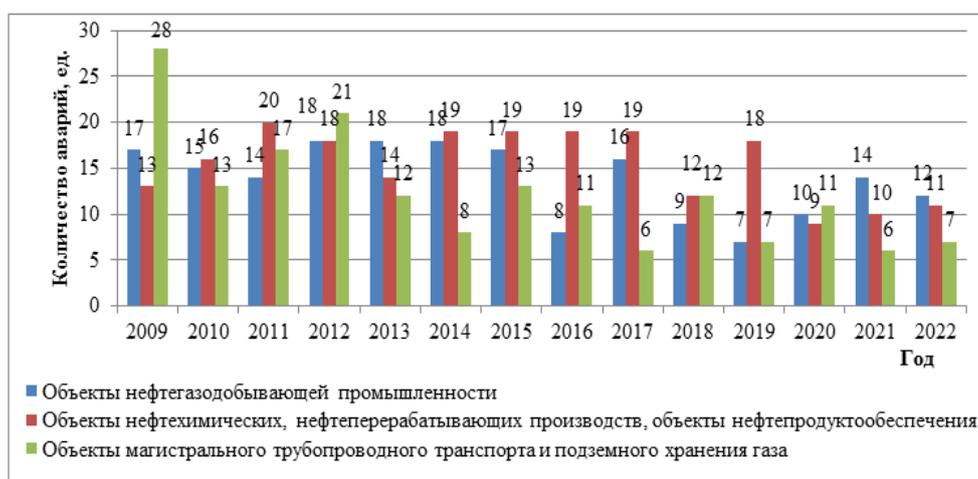


Рис. 1. Динамика аварийности на объектах нефтегазового комплекса

Распределение количества аварий на объектах нефтегазодобывающей промышленности по видам, представленное на основе официальной статистики [2], приведено на рис. 2. Существенным негативным эффектом таких аварий является загрязнение почвы нефтепродуктами [2, 3]. Происходит изменение структуры, химического состава, свойств почв, что оказывает значительное негативное влияние на человека, растительный и животный мир.



Рис. 2. Динамика количества аварий на объектах нефтегазодобывающей промышленности по видам

С целью оценки состояния почвенного покрова, прогнозирования возникновения ЧС, связанных с попаданием НП в почву, и своевременного реагирования на них актуальным является развитие системы мониторинга и контроля [4] в части учета требований:

- выполнимость испытаний в полевых условиях, простота их проведения, отсутствие необходимости применения сложного оборудования;
- возможность быстрого получения количественных результатов;
- избирательность обнаружения НП;
- возможность фиксации фоновой концентрации органических веществ, входящих в состав почв.

В настоящее время вопросы нормирования нефтяного загрязнения с учетом особенностей самих почв остаются нерешенными [5–7].

Целью работы является разработка и обоснование концепции селективного обнаружения НП на фоне природных органических веществ, содержащихся в почвах.

Материалы и методы

Загрязнение почвы как компонента окружающей среды НП характеризуется особенностями (рис. 3), которые определяют перспективы развития системы их мониторинга и прогнозирования.



Рис. 3. Особенности загрязнения почвы как компонента окружающей среды

Система мониторинга и прогнозирования включает ряд элементов, среди которых методы наблюдений, обработки данных, анализа ситуаций и прогнозирования занимают важное место [4, 7, 8].

Селективность (избирательность), возможность обнаруживать соединения НП в присутствии фонового почвенного разнообразия органических веществ являются основными требованиями, предъявляемыми к методам обнаружения НП в почвах.

Для уменьшения времени обследования территорий большой протяженности целесообразно использовать экспрессные скрининговые методы анализа [7, 9]. Не позволяя определить индивидуальный состав нефтепродуктов, эти методы дают возможность оценить суммарную интегральную характеристику содержания нефтепродуктов в почве. Их основное ограничение, связанное с возможностью получения ложных положительных результатов [7], может быть снято путем проведения большого количества экспериментов с последующей обработкой результатов с использованием вероятностно-статистических моделей [10]. Использование нескольких независимых методов, позволяющих получать коррелирующие между собой результаты, позволяет повысить достоверность экспериментальных определений [7, 10].

Опыты проводились с использованием двух независимых методов (рис. 4). Методики выполнения измерений допущены для целей государственного экологического контроля [11, 12]. Технология скрининга обеспечивалась «массовостью проб», взятых для анализа [13, 14].

ИК-спектроскопический метод	Метод молекулярной люминесценции
<ul style="list-style-type: none"> • Методика проведения экспериментов допущена для целей государственного экологического контроля; • фиксирует, в основном, содержание алифатических УВ и легких ароматических УВ бензольного ряда; • предел обнаружения на порядок выше, чем у люминесцентного метода 	<ul style="list-style-type: none"> • Методика проведения экспериментов допущена для целей государственного экологического контроля; • фиксирует содержание всего спектра ароматических структур (моно- и полиароматических); • низкий предел обнаружения

Рис. 4. Выбранные методы исследования НП в почвах

Представленные на рис. 4 методы дополняют друг друга по номенклатуре фиксируемых соединений и пределам обнаружения НП.

Результаты и их обсуждение

Эксперименты проводились с образцами почв, отбор которых проведен на локальном участке разведочной скважины Мусюршорского нефтяного месторождения. Концентрация нефтепродуктов оценивалась с использованием ИК-спектроскопического метода ($C_{\text{НП}_{\text{ИКС}}}$) и метода молекулярной люминесценции ($C_{\text{НП}_{\text{ЛЮМ}}}$) (табл. 1).

Таблица 1

Диапазон измеренных концентраций НП в исследуемых образцах почв

Метод	Обозначение концентрации НП	Единицы измерения	Значение		
			минимальное	максимальное	среднее
ИК-спектроскопический	$C_{\text{НП}_{\text{ИКС}}}$	ppm	40	4 950	991
Люминесцентный	$C_{\text{НП}_{\text{ЛЮМ}}}$	ppm	10	2 610	555

Важным аспектом явилось установление тесноты корреляционных связей между результатами экспериментов, полученными представленными методами. Оценку силы корреляционной связи проводили по шкале Чеддока на основании критерия линейной корреляции Пирсона (r) и коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ) [15].

Проведенные эксперименты позволили установить корреляционные зависимости между результатами, полученными двумя представленными методами (табл. 2), и определить силу связи между массивами экспериментальных данных.

Таблица 2

Корреляционные зависимости и сила связи между результатами, полученными при изучении нефтяного загрязнения двумя методами

Диапазон концентраций	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Сила связи
С использованием коэффициента корреляции Пирсона				
Весь диапазон исследованных концентраций	$C_{\text{НП}_{\text{ЛЮМ}}} = 0,44C_{\text{НП}_{\text{ИКС}}} + 120,0$	$r = 0,81$	0,65	Высокая
$\leq 250 \text{ ppm}$	$C_{\text{НП}_{\text{ЛЮМ}}} = 0,89C_{\text{НП}_{\text{ИКС}}} - 30,4$	$r = 0,93$	0,86	Очень высокая
$> 250 \text{ ppm}$	$C_{\text{НП}_{\text{ЛЮМ}}} = 0,39C_{\text{НП}_{\text{ИКС}}} + 211,0$	$r = 0,73$	0,54	Высокая
С использованием коэффициента ранговой корреляции				
Весь диапазон исследованных концентраций	$\text{Ранг}(C_{\text{НП}_{\text{ЛЮМ}}}) = 0,93 \text{ Ранг}(C_{\text{НП}_{\text{ИКС}}}) + 1,9$	$\rho = 0,93$	0,86	Очень высокая

В результате проведенных экспериментов было установлено, что очень высокой силой линейной связи, определенной по шкале Чеддока, обладают результаты, полученные:

– при низких (менее 250 ppm) концентрациях НП в почве, что подтверждается значением коэффициента корреляции Пирсона;

– на всем массиве экспериментальных данных в случае применения коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Для анализа почв, характеризующихся низкими концентрациями НП, оба метода дают хорошо сопоставимые результаты, при высоких концентрациях эксперименты целесообразно проводить двумя методами с последующим анализом результатов логико-вероятностными методами.

При изучении результатов, полученных люминесцентным методом, четко определяются зоны максимумов люминесценции (табл. 3).

Таблица 3

Зоны максимумов люминесценции, регистрируемые при исследовании почв, загрязненных нефтепродуктами

Длины волн, соответствующие максимуму люминесценции, λ , нм	Присутствующие соединения, определяющие максимум люминесценции
290÷340	Моноароматические УВ (МАУ)
340÷410	Полиароматические УВ (ПАУ) и смолистые компоненты

В работе [7] показано, что по соотношению концентраций ПАУ к МАУ, фиксируемых в экстрактах органического вещества, можно провести классификацию почв. Значительное количество МАУ свидетельствует о преобладании нефтяных техногенных УВ над природным фоном органических веществ. Это объясняется тем, что УВ с малым числом бензольных колец доминируют среди аренов даже в самых тяжелых нефтяных фракциях [16]. Например, содержание ПАУ в нефтях, исследованных в работе [16], колеблется от 1,4 до 4,3 %.

Примеры полученных спектров люминесценции для образцов почв, содержащих преимущественно нефтяной тип органических веществ, представлены на рис. 5.

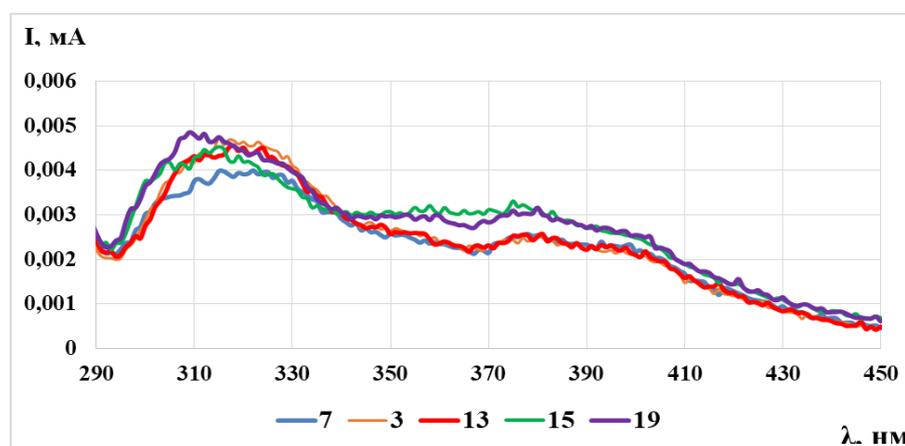


Рис. 5. Спектры люминесценции экстрактов образцов почв, содержащих нефтяной тип органического вещества: 7, 3, 13, 19 – номера образцов почв; I – интенсивность люминесценции, мА

Концепция (от лат. *conceptio* «система понимания»): комплекс взглядов на что-либо, связанных между собой и образующих взаимосвязанную систему; определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений, предметов, процессов; основная точка зрения, руководящая идея; система путей решения задачи [17].

Цель предлагаемой концепции заключается в формировании системы селективного обнаружения НП на фоне природных органических веществ, содержащихся в почвах.

Проведенные исследования показали, что система представленных выше аналитических методов количественного определения нефтяного загрязнения в почве является

принципиальным путем выделения техногенного загрязнения из общей суммы органических компонентов окружающей среды, альтернативным проведению детального анализа проб. Проведение массовых анализов с использованием технологии скрининга и обработка полученных результатов методами математической статистики позволит сократить время, необходимое для оценки загрязнения почвы и ускорить процесс принятия решений, направленных на предотвращение, локализацию и ликвидацию ЧС. Использование предлагаемых методов анализа положено в основу концепции селективного обнаружения техногенного нефтяного загрязнения на фоне органических веществ, являющихся компонентами почв.

Структура предлагаемой концепции представлена на рис. 6.

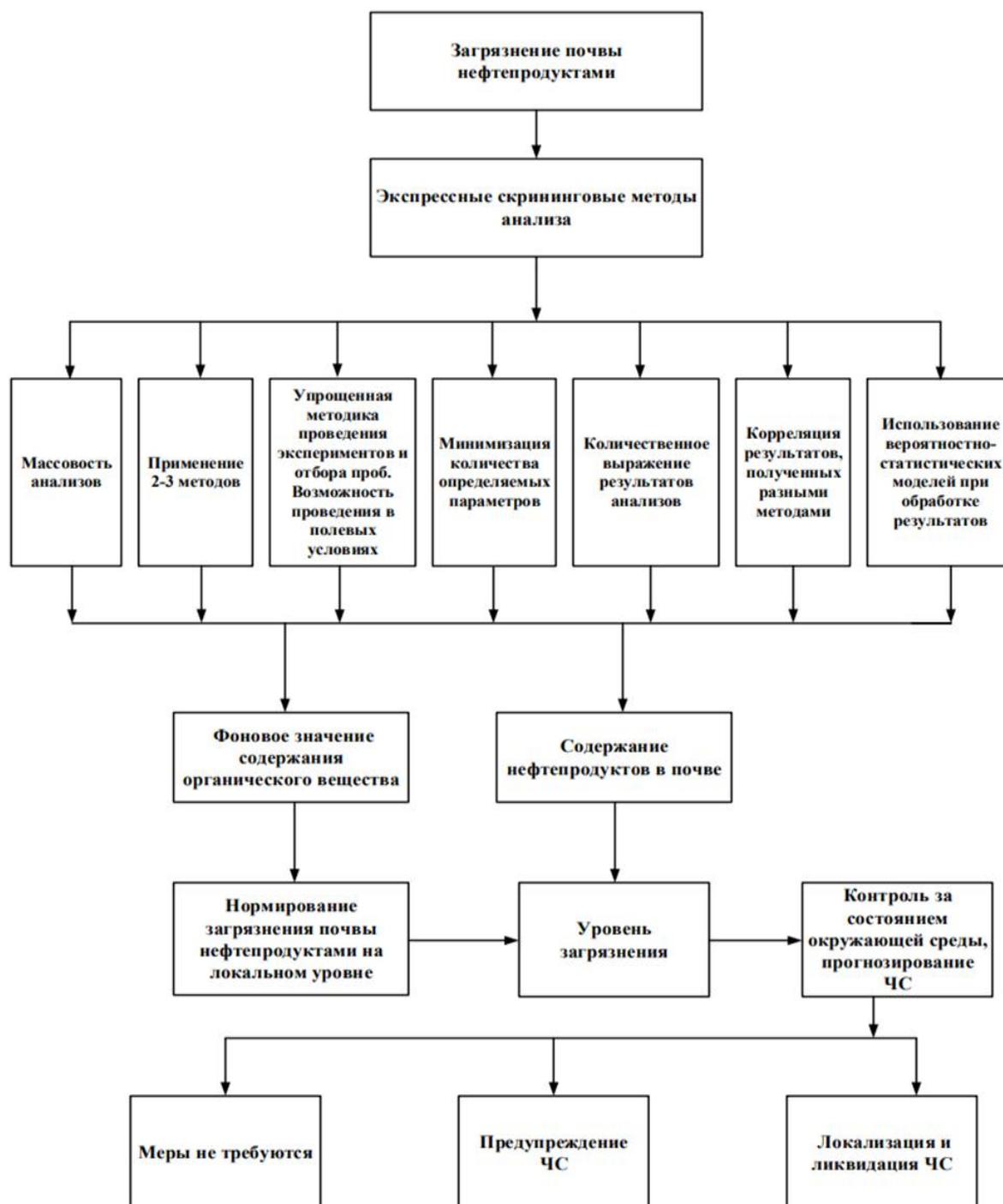


Рис. 6. Структура концепции избирательного обнаружения техногенного нефтяного загрязнения на фоне органических веществ, содержащихся в почвах

Отличительной особенностью разработанной концепции является обеспечение возможности выделения фонового уровня содержания органических веществ в почве, в основу которого положен процесс определения критических точек (участков, где происходят качественные скачки) функции, аппроксимирующей экспериментальную зависимость «доза – эффект» [18]. Выявление критических точек проводилось с помощью анализа производных.

Процедура определения фоновых значений содержания органических веществ представлена на рис. 7.

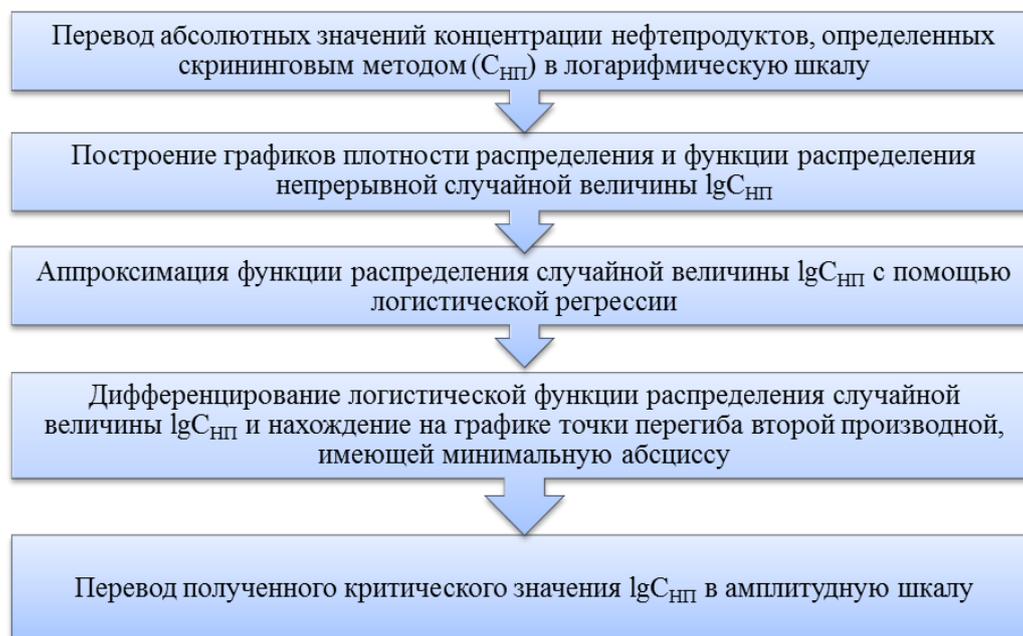


Рис. 7. Процедура определения фоновых значений содержания органических веществ в почвах

Обработка результатов экспериментального определения загрязнения почв Мусюршорского месторождения позволила получить значение фонового уровня загрязнения, равное 80 ppm.

Предлагаемую концепцию целесообразно рассматривать как систему путей решения задач нормирования на локальном уровне, без затрагивания проблем глобального и регионального масштаба. Именно такое направление в настоящее время определяется исследователями [5–7, 10, 18] как наиболее приоритетное в области развития системы нормирования содержания НП в почвах. Это связано с большим разнообразием почв, их биоценозов, возможностью содержания в почвах соединений, идентичных нефтяным компонентам, закономерностями рассеяния нефтяных соединений в окружающей среде и невозможностью установления единых нормативных значений.

Выводы

Необходимость установления фонового уровня содержания органических веществ природного происхождения в почве существенно усложняет оценку уровня нефтяного загрязнения.

Обоснованы преимущества применения массовых скрининговых методов анализа при решении вопросов прогнозирования возникновения и развития ЧС, связанных с попаданием НП в почву. Получены результаты исследования почв ИК-спектроскопическим методом и методом молекулярной люминесценции, проведен их анализ. Научная новизна определяется представленными зависимостями, позволяющими сопоставлять результаты, получаемые при изучении нефтяного загрязнения почв методом ИК-спектроскопии и методом молекулярной люминесценции.

Теоретическая значимость работы заключается в разработанной концепции селективного обнаружения техногенного нефтяного загрязнения и подтвержденных возможностях локального нормирования содержания нефти и нефтепродуктов в почве с выделением фонового уровня их содержания.

Применение рассмотренных в статье скрининговых методов анализа, предложенной процедуры определения фоновых значений содержания органических веществ в почвах позволит упростить систему оценки уровня загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами, повысить точность результатов, что существенно влияет на скорость принятия и обоснованность решений, направленных на предупреждение, локализацию и ликвидацию ЧС.

Предлагаемую концепцию целесообразно рассматривать как систему путей решения задачи локального нормирования содержания нефтепродуктов в почве.

Список источников

1. Правила организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 31 дек. 2020 г. № 2451 (с изм. и доп.). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

2. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2009–2022 гг. URL: <https://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 09.12.2023).

3. Сидоров Д.В. Влияние аварийный разливов нефти на почвы // Вестник науки. 2020. № 12 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-avariynyh-razlivov-nefti-na-pochvy> (дата обращения: 21.07.2024).

4. Основы государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 11 янв. 2018 г. № 12. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

5. Нормирование допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах / Р.Р. Шагидуллин [и др.] // Георесурсы. 2011. № 5 (41). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/normirovanie-dopustimogo-ostatochnogo-soderzhaniya-nefti-i-produktov-ee-transformatsii-v-pochvah> (дата обращения: 03.04.2024).

6. Околелова А.А., Капля В.Н., Лапченков А.Г. Оценка содержания нефтепродуктов в почвах // Региональные геосистемы. 2019. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-soderzhaniya-nefteproduktov-v-pochvah> (дата обращения: 23.03.2024).

7. Зайкин Р.Г., Ловчиков В.А. Способ диагностики качественного состава нефтяного загрязнения почв по результатам инфракрасной спектроскопии и молекулярной люминесценции // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 3 (59). С. 100–109.

8. Майстренко В.Н., Ключев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнений: учеб. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 323 с.

9. Золотов Ю.А. Скрининг массовых проб // Журнал аналитической химии. 2001. Т. 56. № 8. С. 794.

10. Зайкин Р.Г., Королева Л.А., Петров Ю.С. Корреляционный анализ силы связи между результатами изучения нефтяного загрязнения почв скрининговыми методами // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 2. С. 84–94.

11. ПНД Ф 16.1:2.21–98. Методика выполнения измерения массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат 02» (М 03-03–2012) (изд. 2012 г.). URL: <https://ohranatruda.ru/> (дата обращения: 03.03.2024).

12. ПНД Ф 16.1:2.2.22–98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах и донных

отложения методом ИК-спектрометрии (изд. 2005 г.). URL: <https://ohranatruda.ru/> (дата обращения: 03.03.2024).

13. Грошев Д.В. Методы оценки пожароопасного состояния почвенного покрова при воздействии на него нефтепродуктов: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2008.

14. Определение пожароопасных характеристик почвенных отложений на объектах нефтегазового комплекса / С.В. Шарапов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2008. № 2. С. 29–35.

15. Баврина А.П., Борисов И.Б. Современные правила применения корреляционного анализа // Медицинский альманах. 2021. № 3 (68). С. 70–79.

16. Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Баранов В.В. Полициклические ароматические углеводороды в битуминозном веществе докембрия // Недропользование XXI век. 2011. № 1 (26). С. 40–45.

17. Краснов Ю.К., Надвикова В.В., Шкатулла В.И. Юридическая техника: учеб. М.: Юстицинфор, 2014. 536 с.

18. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений земных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: Наука, 1994. 282 с.

References

1. Pravila organizacii meropriyatij po preduprezhdeniyu i likvidacii razlivov nefti i nefteproduktov na territorii Rossijskoj Federacii, za isključeniem vnutrennih morskikh vod Rossijskoj Federacii i territorial'nogo morya Rossijskoj Federacii, a takzhe o priznanii utrativshimi silu nekotoryh aktov Pravitel'stva Rossijskoj Federacii: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 31 dek. 2020 g. № 2451 (s izm. i dop.). Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».

2. Ezhгодnye otchety o deyatelnosti Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2009–2022 gg. URL: <https://www.gosnadzor.ru/> (data obrashcheniya: 09.12.2023).

3. Sidorov D.V. Vliyanie avariynyj razlivov nefti na pochvy // Vestnik nauki. 2020. № 12 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-avariynyh-razlivov-nefti-na-pochvy> (data obrashcheniya: 21.07.2024).

4. Osnovy gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij na period do 2030 goda: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 11 yanv. 2018 g. № 12. Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».

5. Normirovanie dopustimogo ostatochnogo sodержaniya nefti i produktov ee transformacii v pochvah / R.R. Shagidullin [i dr.] // Georesursy. 2011. № 5 (41). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/normirovanie-dopustimogo-ostatochnogo-soderzhaniya-nefti-i-produktov-ee-transformatsii-v-pochvah> (data obrashcheniya: 03.04.2024).

6. Okolelova A.A., Kaplya V.N., Lapchenkov A.G. Ocenka sodержaniya nefteproduktov v pochvah // Regional'nye geosistemy. 2019. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-soderzhaniya-nefteproduktov-v-pochvah> (data obrashcheniya: 23.03.2024).

7. Zajkin R.G., Lovchikov V.A. Sposob diagnostiki kachestvennogo sostava neftyanogo zagryazneniya pochv po rezul'tatam infrakrasnoj spektroskopii i molekulyarnoj lyuminescencii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2021. № 3 (59). S. 100–109.

8. Majstrenko V.N., Klyuev N.A. Ekologo-analiticheskij monitoring stojkih organicheskikh zagryaznenij: ucheb. posobie. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2004. 323 s.

9. Zolotov Yu.A. Skrining massovyh prob // Zhurnal analiticheskoy himii. 2001. T. 56. № 8. S. 794.

10. Zajkin R.G., Koroleva L.A., Petrov Yu.S. Korrelyacionnyj analiz sily svyazi mezhdru rezul'tatami izucheniya neftyanogo zagryazneniya pochv skringovymi metodami // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2024. № 2. S. 84–94.

11. PND F 16.1:2.21–98. Metodika vypolneniya izmereniya massovoj doli nefteproduktov v probah pochv i gruntov fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Flyuorat 02» (M 03-03–2012) (izd. 2012 g.). URL: <https://ohranatruda.ru/> (data obrashcheniya: 03.03.2024).

12. PND F 16.1:2.2.22–98. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj doli nefteproduktov v mineral'nyh, organogennyh, organomineral'nyh pochvah i donnyh otlozheniyah metodom IK-spektrometrii (izd. 2005 g.). URL: <https://ohranatruda.ru/> (data obrashcheniya: 03.03.2024).

13. Groshev D.V. Metody ocenki pozharoopasnogo sostoyaniya pochvennogo pokrova pri vozdeystvii na nego nefteproduktov: dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2008.

14. Opredelenie pozharoopasnyh harakteristik pochvennyh otlozhenij na ob"ektah neftegazovogo kompleksa / S.V. Sharapov [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'. 2008. № 2. S. 29–35.

15. Bavrina A.P., Borisov I.B. Sovremennye pravila primeneniya korrelyacionnogo analiza // Medicinskij al'manah. 2021. № 3 (68). S. 70–79.

16. Hisamov R.S., Gatiyatullin N.S., Baranov V.V. Policiklicheskie aromatische uglevodorody v bituminoznom veshchestve dokembriya // Nedropol'zovanie XXI vek. 2011. № 1 (26). S. 40–45.

17. Krasnov Yu.K., Nadvikova V.V., Shkatulla V.I. Yuridicheskaya tekhnika: ucheb. M.: Yusticinform, 2014. 536 s.

18. Vorobejchik E.L., Sadykov O.F., Farafontov M.G. Ekologicheskoe normirovanie tekhnogennyh zagryaznenij zemnyh ekosistem (lokal'nyj uroven'). Ekaterinburg: Nauka, 1994. 282 s.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 23.05.2024; одобрена после рецензирования: 18.07.2024; принята к публикации: 28.08.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 23.05.2024; approved after review: 18.07.2024; accepted for publication: 28.08.2024

Информация об авторах:

Зайкин Руслан Григорьевич, старший инструктор профилактики ГПП СПСЧ № 11 «Специальное управление ФПС № 50 МЧС России» (192012, Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 136); соискатель кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ruslan-zajkin@yandex.ru, SPIN-код: 7278-9296

Information about the authors:

Zaykin Ruslan G., senior prevention instructor of the fire prevention group of the special fire and rescue unit № 11 «Special department of the federal fire service № 50 of EMERCOM of Russia» (192012, Saint-Petersburg, Obukhovskaya Oborona ave., 136); candidate of the department of fire, emergency rescue equipment and automotive industry of Saint Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: ruslan-zajkin@yandex.ru, SPIN: 7278-9296