

## ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ГАЗОПРОВОДОВ

*М.С.Бланкина, В.В.Ермаков*

*Самарский Государственный Технический Университет,  
г. Самара, Россия,  
mariyablankina@gmail.com*

Протяженность газотранспортной системы на территории России составляет более 200 тыс. км. В результате изношенности систем трубопроводов, неправильной эксплуатации, постороннего вмешательства и других факторов, ежегодно происходит большое количество аварий. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга газотранспортной системы позволяет осуществить раннее обнаружения повреждения газопроводов и зафиксировать влияние самых малых утечек на окружающую среду.

В целях создания недорогой системы обнаружения утечек газа было предложено использовать узкополосные спектральные датчики. В целях поиска наиболее информативных участков спектра были проанализированы спектры основных компонентов атмосферы (рисунок 1).

Основной компонент природного газа - метан имеет два характерных пика поглощения: 1295 нм и 3030 нм. То есть при получении снимка поверхности на данных спектральных полосах будет снижаться энергия отражённого света.

Однако, иные соединения в воздухе могут давать сходные результаты на выбранных полосах. Оксид азота  $N_2O$  имеет высокое значение поглощения при длине волны 1280 нм. На частоте второй полосы существенное влияние оказывает присутствующий водяной пар и вода.

Таким образом возникла необходимость учёта количества воды и оксида азота в атмосфере. Для этих целей используются линии спектра, на которых происходит поглощение только выбранными компонентами. Полоса в районе 5500 нм удобна для определения содержания воды. Для оксида азота (IV) полоса в районе 4500 нм будет перекрываться присутствием  $CO_2$  и не является информативной. Так при эксплуатации системы необходимо учитывать возможность её применения только вне территории крупных промышленных объектов, где имеется высокое содержание оксида азота, образующегося при высокотемпературном горении топлива в печах.

Расчёт концентрации метана в таком случае происходит с использованием набора одномерных калибровок исходя из обобщённой формулы:

$$C_{CH_4} = H * L * I * (A * E_{(1295)} + B * E_{(3030)} - C * E_{(5500)}), \text{ где}$$

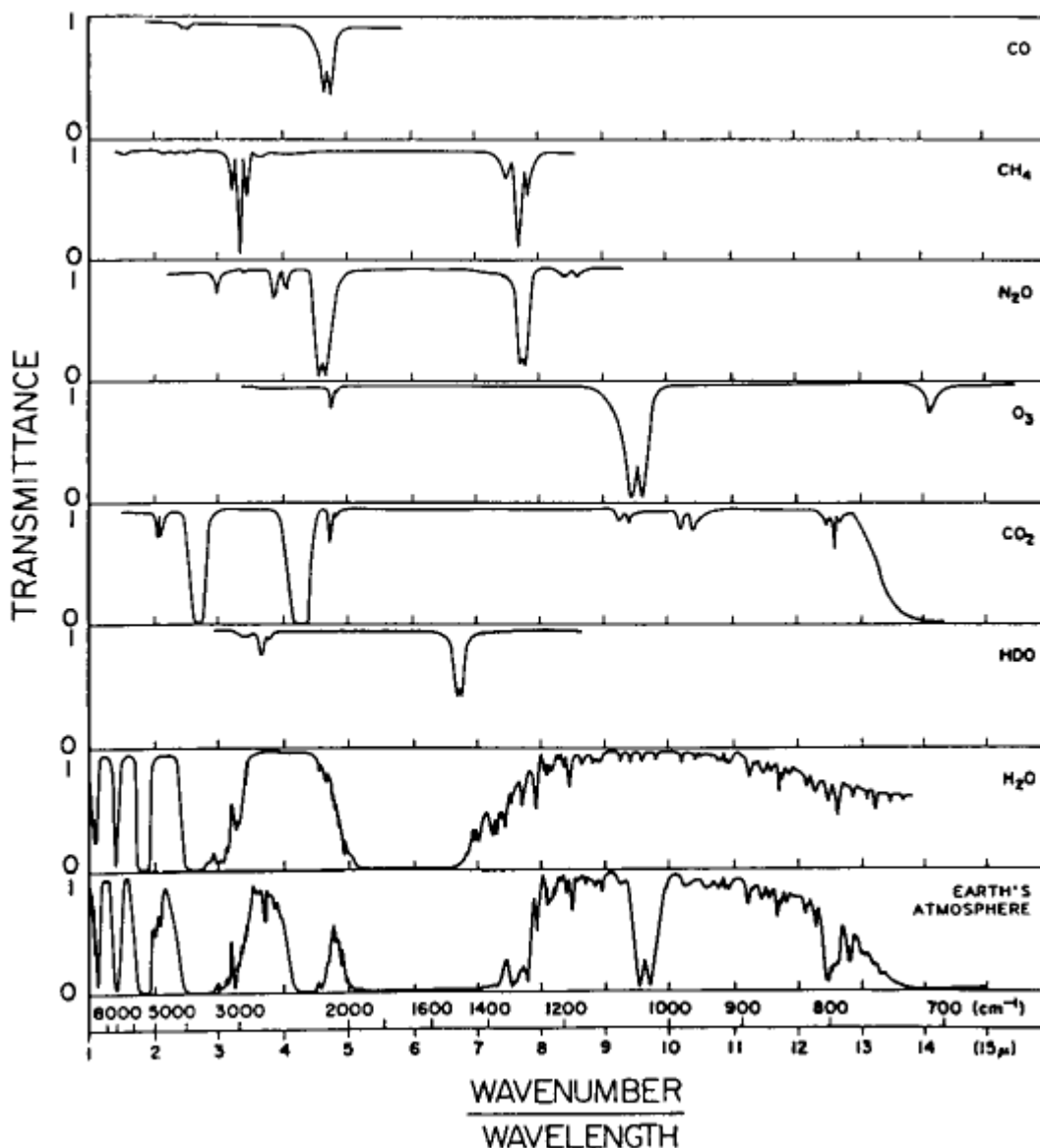
A, B, C - одномерные калибровочные коэффициенты содержания компонентов при использовании спектрометрии на конкретной длине волны;

E - энергия отражения на длине волны;

H, L, I - поправочные коэффициенты на высоту полёта, положение солнца и интегральную освещённость поверхности.

Локализация места утечки может производиться и без фиксации точной концентрации метана за счёт сравнения интенсивности отражения с фоновым участком (чаще всего место запуска на котором концентрация метана определяется как фоновая). Так при падении энергии отражённого света в 2 раза по сравнению с фоновым точка будет обозначаться как область проведения поисковых работ.

Таким образом система с возможностью компенсации содержания воды при обработке сигнала может использовать как специализированные камеры, в том числе сканирующего типа, так и узкополосные анализаторы. Любые камеры с чувствительной матрицей вне видимого диапазона достаточно дороги. Применение вторых в настоящее время связано с возможностью точного позиционирования БПЛА в пространстве. При этом информация имеет вид данных интенсивности отражения с привязкой к треку облёта объектов по времени и координатам.



*Рис. 1 – прозрачность основных элементов атмосферы в ИК диапазоне*

За счёт коррекции положения камеры осуществляется съёмка поверхности. В целях компенсации внешних влияний возможно применение режима полёта с фиксированной высотой облёта и корректировкой траектории по рельефу. Для компенсации интенсивности освещённости рекомендовано использовать съёмку с малых высот с

подсветкой точки съёмки узкополосными диодами соответствующих частот.

Дополнительным способом идентификации места утечки газам может являться использование термальной камеры. За счёт дроссельного эффекта газ, выходящий из трубопровода имеющего давление выше атмосферного через узкое отверстие, снижает свою температуру и охлаждает поверхность. Таким образом температура поверхности будет являться дополнительным признаком для дистанционных систем поиска утечек.

УДК 574. .632

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ

*А.Л. Гевлич*

*Самарский государственный технический университет,  
г. Самара, Россия*

Хранение, прием и отпуск нефтепродуктов из резервуаров сопровождается потерями углеводородов, загрязнением воздушной среды и с соответствующими экономическими затратами.

Загрязнение атмосферы происходит при так называемых «малых» и «больших» дыханиях резервуаров.

«Малые дыхания» обусловлены перепадами дневных и ночных температур.

«Большие дыхания» - выброс паров нефтепродуктов при приеме товарного продукта в резервуар.

Для снижения негативного влияния этих процессов используется широкий спектр различных способов и устройств.

Уменьшение негативного действия «малых дыханий» возможно при использовании подземных резервуаров, окраски поверхности наземных резервуаров в светлые тона, изменением конструкции резервуара, его элементов, а также использованием эластичных, мягких резервуаров.

Подземные резервуары позволяют снизить объем выбросов при «малых дыханиях» до 80%. Однако заглублять резервуары целесообразно лишь небольших объемов – до нескольких десятков кубических метров [1]. Обычно это практикуется на АЗС, чем одновременно решаются вопросы повышения пожаробезопасности.

Наиболее простой и широко распространенный способ снижения выбросов из наземных достигается при их окраске в светлые тона. Окраска резервуаров на крупных нефтебазах позволяет снизить уровень загрязнения атмосферы, по различным данным, на 40- 60 %.

При нормальных условиях эксплуатации резервуаров доля выбросов углеводородов при «больших дыханиях» составляет около 80% и 20% при «малых дыханиях».

Одним из самых эффективных способов, снижения потерь нефтепродуктов при «больших дыханиях» является уменьшение площади испарения жидкости в резервуаре,

Для уменьшения площади испарения жидкости в резервуаре предлагается широкий ряд конструкций понтонов, плавающих на поверхности нефтепродуктов с затворами между понтоном и стенкой резервуара. [2,3].

Понтоны изготавливаются как из сплавов легких металлов, так и из маслобензостойких полимерных материалов.

Так, например, в патенте РФ №2524329 предлагается металлическая конструкция полноконтактного понтона, состоящего из периферийных пустотелых коробов, соединенных между собой специальными фиксаторами, что облегчает их сборку в резервуаре. [3]

К недостаткам как к этой конструкции, так и к остальным видам понтонов, следует отнести их подтопление и заклинивание при перекосах на направляющих трубах. Использование понтонов предъявляет повышенные требования к геометрии резервуара.

Для уменьшения площади испарения в настоящее время также предлагаются резервуары с плавающими крышами. Схемы конструкций крыш различных авторов отличаются механизмами управления их движения, устройствами лестничных пролетов от стенки резервуара на крышу и т.д.[2].

В патенте РФ № 2248315 предложена плавающая крыша, содержащая центральную мембрану с кольцевым понтоном, что позволяет облегчить её движение при изменении объема жидкости в резервуаре. [4]

Широкому распространению резервуаров с плавающими крышами препятствует прежде всего повышенная сложность конструкции, возможность примерзания уплотнительного кольца по периметру крыши к стенке резервуара, более высокая, по сравнению с понтонами, стоимость.

Особо следует отметить общий недостаток плавающих крыш и понтонов – взрывопожароопасность газовых смесей над их поверхностью.

Паровоздушные смеси с повышенной взрывопожароопасностью образуются при смешении воздушных потоков с легкими углеводородами от испарения пленок нефтепродуктов со стенок резервуара. Это происходит

при опускании крыши или понтона, во время отпуска хранящихся продуктов.

Ряд авторов предлагает для сокращения поверхности испарения нефтепродуктов использовать эмульсии, плотность которых меньше плотности самого продукта. Например, НИИТранснефть провел испытания эмульсии следующего состава (% масс.): топливо ТС-1 -21,6; вода 21,6; этиленгликоль- 1,2; желатин сухой -0,3. Плотность – 810 кг/м<sup>3</sup>.

Испытания показали, что стойкость эмульсии составляет не более 3 месяцев, затем она распадается и оседает на дно.

Работы над получением эффективных и доступных по стоимости эмульсий продолжаются.

Снизить выбросы загрязняющих веществ возможно при дополнительном конструктивном обустройстве резервуаров, в частности, при оснащении дыхательных клапанов различными отражательными устройствами.

Технические решения многообразны, например, предлагался диск – отражатель который выполнен из закрепленного на планках газонепроницаемого эластичного материала с диаметром не менее 0,1 диаметра корпуса резервуара, планки которого закреплены на осях нижней части держателя, при этом последний оснащен упорным элементом для ограничения поворота планок, установленного с возможностью осевого перемещения [2]. Это позволяет сократить потери жидкости от испарения и, соответственно, уменьшить объем выбросов в атмосферу. Использование дисков –отражателей позволяет снизить потери углеводородов на 10-15 %.

В настоящее время эффективность рекламируемых конструкций может достигать 25% при высокой оборачиваемости резервуара, но, при хранении продуктов, она всегда равна 0%.

В последнее время много внимания в решении вопросов сокращения потерь нефтепродуктов из резервуаров уделяется так называемым «газовым подушкам». Газовая «подушка» – это пространство между крышкой резервуара и уровнем жидкости заполненное парами нефтепродуктов и инертными смесями или индивидуальными газами. Изменение состава газовой «подушки» над жидкими нефтепродуктами и крышкой резервуара происходит при принудительной подаче в это пространство инертных газовых смесей или индивидуальных инертных газов во время отпуска продукта из резервуара.

Наиболее совершенной, с точки зрения предотвращения возникновения взрывопожарных ситуаций, является подача в газовое пространство резервуара индивидуального газа – азота.

В патенте РФ № 2114052 предлагается использовать жидкий азот. Согласно материалам патента, газовая полость резервуара подключается через регулятор давления и испаритель к емкости с жидким азотом. При опорожнении резервуара от нефтепродуктов азот подается в резервуар, предотвращая падение давления в нем ниже атмосферного. В случае возрастания давления в резервуаре выше давления настройки обратного клапана, последний открывается и сбрасывает азот в атмосферу [5].

Недостатками способа является необходимость передвижной установки с жидким азотом, высокие экономические затраты.

Инертной газовой смесью может являться воздух с пониженной концентрацией кислорода. Содержание кислорода должно быть ниже нижнего предела взрывопожарной опасности. Нижняя концентрационная граница кислорода зависит от вида нефтепродуктов, например, для бензинов – 5,0%-8,5%, для керосина – 9%, для мазутов – на уровне 9% и т. д.

В работе [6] предусматривают подачу в резервуар инертную газовую смесь, которую получают путем пропускания воздуха под давлением через установку, содержащую два попеременно работающих адсорберов, поглощающих кислород, пары воды и углеводороды. Адсорбент - углеводородные молекулярные сита. Режим работы установки выбирают из условия, чтобы содержание кислорода не превышало минимальную взрывоопасную концентрацию.

Инертную газовую инертную смесь подают равномерно распределенными по окружности струями, параллельными поверхности под крышу резервуара, при этом расход газовой инертной смеси выбирают из условия отсутствия перемешивания слоя газовой инертной смеси и слоя паров нефтепродукта. При превышении в свободном объеме резервуара заданного давления производят выброс парогазовой смеси. Выброс может производиться через газгольдер, объем которого не менее амплитуды изменения объема нефтепродукта в резервуаре.

К недостаткам рассмотренного решения следует отнести сложность конструкции установки, в состав которой входят: компрессор, с минимальным давлением воздуха на входе в генератор азота – 9,5 атм, емкость сжатого воздуха, осушители воздуха и фильтры, генератор азота, регенеративная емкость и буферная емкость азота

В работе [7]. в качестве инертной смеси предлагается использовать дымовые газы котельной, работающей на природном газе.

При проведении продолжительных технологических операций и хранения в резервуарах продуктов переработки нефти, особенно бензинов, состав которых строго регламентирован по содержанию серы, предлагается использовать только продукты сгорания природных газов из котельных

НПЗ, охлажденные до температуры ниже предела вспышки бензинов и других светлых нефтепродуктов.

В составе дымовых газов котельных, работающих на природном газе, при стандартном коэффициенте избытка воздуха 1,1 - 1,5 концентрация кислорода не превышает 1,5-2,5%, что ниже границ взрывопожарной безопасности всех целевых продуктов НПЗ. Концентрация соединений серы в дыме этих котельных, чрезвычайно низка. и не превышает 0,001%. Таким образом использование дымовых газов котельных, работающих на природном газе, в качестве инертной среды в резервуарах с бензинами и не окажет влияния на качество светлых нефтепродуктов –бензины, керосин и т. д.

Работы по практическому внедрению в производство данного предложения проводятся. Технические сложности внедрения заключаются в вопросах устройств накопления значительных объемов дымовых газов, которые необходимо направить их в резервуар со скоростями равными скорости отгрузки из него целевого продукта.

#### Библиографический список:

1. [Htt://www.kazedu.kz/referat/11246/3](http://www.kazedu.kz/referat/11246/3)
2. *Сальников А.В.* Потери нефти и нефтепродуктов. Учеб.ГТУ, 2012.-108с
3. Патент РФ № 2524329. Полноконтактный понтон для резервуаров с легко испаряющимися нефтепродуктами
4. Патент РФ № 2248315 Плавающая крыша нефтеналивного резервуара.
5. Патент РФ № 2114052 Система возврата паров в установке заправки горючим
6. Патент РФ № 2101055 Способ предупреждения пожаров и экологической защиты резервуаров с нефтепродуктами
- 7 *Гевлич Л.А., Юшина Т.М.* Экологическая и пожарная безопасность работы резервуарных парков. Сборник трудов международной научно-практической конференции «Ашировские чтения». Самара 2015 г.



## ИДЕНТИФИКАЦИЯ НАЛИЧИЯ НАСЕКОМЫХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

*С.А.Новоселова*

*СамГТУ  
Самара, Россия*

Во всем мире наблюдается повышенный интерес со стороны общественности к состоянию природной среды и ее растительности.

Экологический мониторинг - это система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающая информацию о состоянии растительности и окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза в будущем параметров окружающей среды, имеющих значение для человека.

Сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником информации, необходимой для принятия экологически значимых решений.

Исходя из этих трех основных целей экологический мониторинг должен быть ориентирован на ряд показателей трех общих видов:

- соблюдения;
- диагностика;
- раннее предупреждение.

Целью данной разработки является получение быстрой и точной информации о наличии вредителей. Наблюдение, оценка и прогнозирование состояния урожая, выявление паразитов.

В связи с недостаточной производительностью квадрокоптеров целесообразно использовать БПЛА самолетного типа для проведения постоянного исследования большего массива полей в короткие сроки и получения своевременной информации. Квадрокоптеры используются для детального обследования участков, для выявления вредителей. Для насекомых, обладающих флуоресценцией (флуоресценция – это феномен, при котором за поглощением света определенной длины волны молекулой следует испускание света большей длины волны (видимого света) ). При методе флуоресценции используется освещение высокой интенсивности для возбуждения флуоресцентных молекул образца) будет написан код на Matlab, позволяющий сосчитать количество насекомых со снимков, сделанных с помощью камеры прикрепленной к БПЛА, и сообщать об этом агроному.

Достоинства разработки заключается в экономии времени на исследование растущего урожая, также экономии на затратах (покупка химикатов для обработки и т.д.), более качественный урожай.

В ходе реализации проекта можно сделать вывод о разработке, включающей в себя программу, которая будет определять точное количество насекомых (а именно вредителей) на снимке, а значит проект реализован успешно.

## **СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА РОСТ РАСТЕНИЙ**

*Д.Н. Шерстобитов, В.В. Ермаков*

*Самарский Государственный Технический Университет*

*Самара, Россия*

[bacardi7722@gmail.com](mailto:bacardi7722@gmail.com)

В настоящий момент одной из наиболее развивающихся систем дистанционного мониторинга является применение БПЛА для мониторинга техногенных объектов. В том числе развивается применение таких систем для проведения, текущего экологического мониторинга на объектах нефтегазового комплекса. Широко применяются системы мультиспектрального и гиперспектрального зрения.

Существенной проблемой при таких работах является экранирование поверхности почвы листьями растений. В отличие от зондового прямого спектрального мониторинга при котором спектр получается чётко с поверхности почвы, дистанционное зондирование будет давать в первую очередь спектральные характеристики растений.

Самым простым способом обнаружения участков загрязнения на местности является использование индекса NDVI (Нормализованный Относительный Вегетационный Индекс). По сути на участках с равномерной растительностью обозначаются места угнетения роста.

К сожалению, применение такой техники крайне неудобно. Угнетение растительности может быть вызвано посторонними причинами, например, нехваткой орошения, питательных веществ, действиями вредителей и болезней.

Вторым вариантом решения данной задачи является выявления на гиперспектральных снимках спектральных аномалий. Данная технология успешно реализована в программных комплексах обработки данных

дистанционного зондирования (ERDAS, ENVI и др.). При этом способе помимо локализации участка появляется возможность идентифицировать и изменения спектра в области интереса. Определённые изменения могут быть классифицированы. Проблемой является то, что все способы идентификации хорошо работают либо на стандартных образцах, либо разработаны для почвенного покрова.

В настоящее время слабо проработаны технологии, предполагающие использование спектральные характеристики растений для характеристик почв на которых они произрастают. Все разработки такого типа существуют только для сельского хозяйства и слабо работают в направлении экологического мониторинга.

Для целей создания системы идентификации загрязнения почв по изменению спектров отражения было предложено использовать массив данных спектральных характеристик растений, произрастающих на почвах различного состава, в том числе и с присутствием загрязнений. При повышенном содержании загрязнителей (нефтепродуктов, тяжелых металлов и т.д.) в почве и воздушном пространстве растения начинают аккумулировать их в вегетативных и генеративных органах. Растения разных видов по-разному реагируют на увеличения токсических веществ. Однако с увеличением токсической нагрузки видовые различия в накоплении химических элементов в тканях большинства видов растений закономерно уменьшаются (Безель, Жуйкова, 2007). Нефть отрицательно влияет на рост, метаболизм и развитие растений, существенно тормозит начало цветения и плодоношения. (Зильберман М. В., 2005).

Для выращивания растений было использовано 100 почв различного состава. Были выращены 4 различных вида растений наиболее типичных для сельскохозяйственных посадок региона: пшеница, как типичный представитель злаковых культур; белокочанная капуста, как растение имеющее широкий лист и за счёт этого чёткий профиль при съёмке; свекла, как растение с явно выраженными отличиями в спектральных характеристиках; смесь луговых трав, как поверхность пастбищ. Растения непрерывно подвергаются съёмке спектральных характеристик с использованием зондов полного отражения в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне. Это позволяет помимо химических характеристик почвы учесть в модели и стадии роста растений.

На основе полученных данных предполагается сформировать базу данных спектральных сигнатур, которая позволит идентифицировать загрязнения на обследуемых участках.

Предполагается использовать методы многомерной классификации и калибровки. Наиболее приемлемыми для таких неявных зависимостей являются хемометрические методы. Первым вариантом моделирования

является метод главных компонент PCA при помощи которого возможно выделить в многомерном пространстве области характерные для типов загрязнений. Простым вариантом такой работы является деление массива данных на 2 части. Выделенные паттерны дифференцированно анализируются тем же методом для выделения подгрупп и поиска дополнительной информации.

Для каждого отдельного выделенного кластера проводится калибровка методом регрессии на главные компоненты (PCA) или латентные структуры (PLS). В случае качественных данных это позволит найти калибровочные зависимости внутри массивов данных и создать возможность не только поиска загрязнённых участков, но и ориентировочной оценки уровней загрязнения.

## УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

*В.Н.Пыстин, К.И.Стяжко, Г.Г.Гиляев*

*Самарский государственный технический университет  
г Самара, Россия  
vitaliy.pystin@yandex.ru*

Водоподготовка и водоотведение на объектах нефтегазового комплекса сопровождается образованием отходов, которые, в основном объеме, представлены шламами химводоочистки, оборотного водоснабжения, шлаковыми отходами. Данные отходы, как правило, размещаются в накопителях.

Суммарная площадь накопителей и нарушенных под их влиянием территорий составляет сотни гектаров. Помимо выведения из строительной хозяйственной деятельности значительных площадей, накопители оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Известные методы утилизации отходов в качестве реагентов, красителей связаны с необходимостью глубокой обработки и не применимы для шламов из накопителей, которые на объектах нефтегазового комплекса содержат нефтепродукты [1,2]. В тоже время восстановление нарушенных территорий, как правило, требует использования природных грунтов, в связи с чем, вовлечение данных отходов в хозяйственную деятельность возможно путем их использования в качестве сырья для производства грунтоподобных рекультивационных

материалов, имеющих сродство с природными грунтами. Данные материалы относятся к техногенным грунтам и после необходимой обработки и соответствующего обоснования могут использоваться для восстановления геосреды.

Существует большое количество видов шламов водного хозяйства, отличающихся друг от друга генезисом образования и физико-химическими свойствами, что требует применения универсальных, экологически и экономически эффективных технологий подготовки, которые, в общем виде, сводится к обезвоживанию, минерализации и упрочнению.

Структура и состав шламов в накопителях характеризуются широким диапазоном влажности, содержания беззольного вещества, а также наличием нефтепродуктов. Указанные факторы препятствуют прямому использованию шламовых отходов в качестве заменителей грунтов без предварительной комплексной оценки состояния нарушенных территорий и шламонакопителей.

Состояние территорий, в общем, и накопителей, в частности, оценивается значительным набором параметров, влияющих на выбор методов обработки и направлений последующего освоения. Предложено данные параметры объединить в группы: хронологическую, ресурсную, геоэкологическую и геомеханическую.

Для упрощения оценки предлагается классификация множества накопителей на группы по совокупности показателей с использованием метода обработки многомерных данных [3].

Результатом обработки выступают два графика: счетов и нагрузок. Данные графики характеризуют взаимосвязь между накопителями шламов и оценивающими их показателями. График счетов (Рис. 1) показывает расположение накопителей в поле главных компонент. На графике счетов видно условное разделение образцов на 3 группы: рациональную, условно-рациональную и не рациональную по совокупности оценивающих их показателей (содержанию нефтепродуктов, влажности, объему шламов, возрасту и др.) представленных на графике нагрузок (Рис. 2). Данный график показывает, какой вклад вносит каждый из показателей в распределение накопителей по группам возможности строительного освоения территорий.

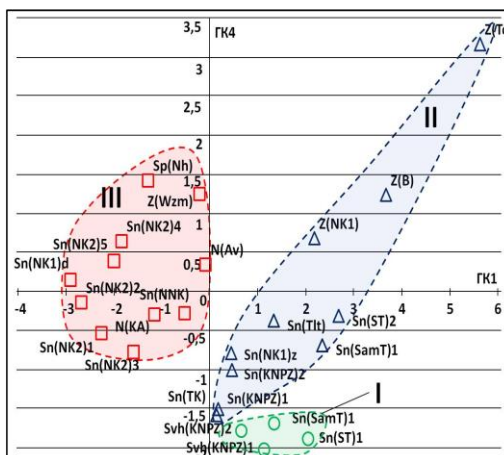


Рис. 1. График счетов

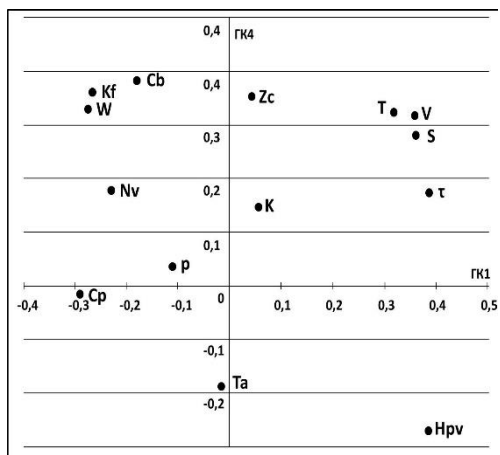


Рис. 2. График нагрузок

Позиционирование накопителя в рациональной и условно-рациональных областях освоения, полученное путем анализа многомерных данных, позволяет предварительно оценить возможность их освоения в качестве источников техногенных грунтов.

Неоднородностью характеристик обладают не только группы накопителей, но и отдельные фрагменты шламовых образований. Неоднородные фрагменты в накопителе интерпретированы в виде цифровых матриц состояния, которые легли в основу создания трехмерной модели шламонакопителя (Рис. 3).

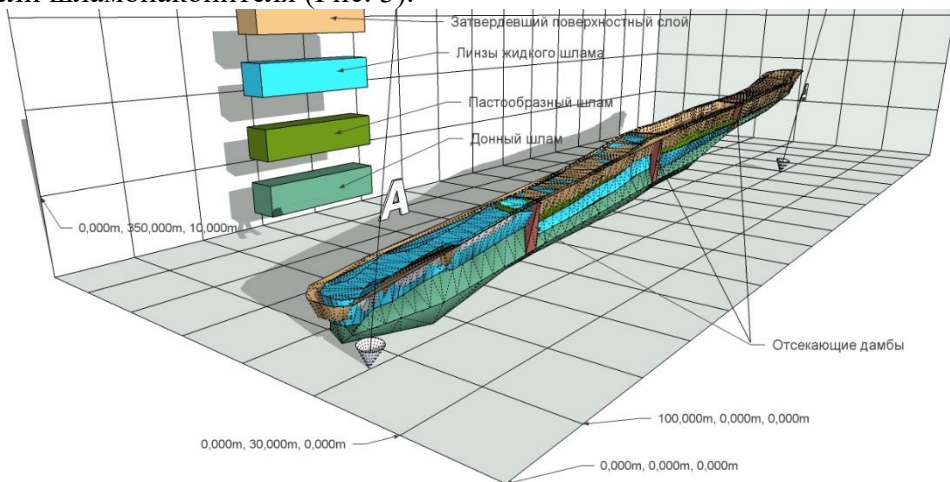


Рис. 3. Трехмерная модель шламонакопителя.

Данный способ представления данных позволяет более эффективно принимать решения в части последовательности обработки неоднородных фрагментов, выбора производительности оборудования и его

позиционирования. Материал линз жидкого шлама нуждается в предварительном обезвоживании перед утилизацией, в том числе и с использованием кондиционирующих добавок. При повышенном содержании беззольного вещества для упрочнения шламов рекомендуется, наряду с обезвоживанием, применение слоевой минерализации, путем извлечения фрагментов и их обработки на площадках, специально выделенных в границах накопителя. Обработка шлама включает обезвоживание в геотекстильных контейнерах (Рис. 4), как исходных шламов, так и их смесей с кондиционирующими добавками в различных соотношениях и последующую минерализацию со шламом оборотного водоснабжения (Рис. 5), выступающего в качестве носителя микрофлоры-редуцента.



*Рис. 4. Геоконтейнерное обезвоживание (лабораторные условия)*



*Рис. 5. Слоевая минерализация (промышленные условия)*

Техногенные грунты на основе отходов нефтегазового комплекса могут использоваться для восстановления и благоустройства нарушенных территорий: организации рельефа, формирования отсекающих дамб и призм выполаживания откосов, экранирования поверхности, а также в качестве искусственных оснований для строительства открытых складов, площадок компостирования, промежуточного хранения рекультивационных материалов, временных технологических дорог.

Реализация разработанной комплексной технологии ликвидации шламонакопителей с одновременной утилизацией шламовых отходов обеспечивает положительный экономический эффект за счет сокращения затрат на приобретение и доставку привозных грунтов, предотвращенного экологического ущерба и ликвидации затрат на содержание гидротехнических сооружений.



**Библиографический список:**

1. *Гуляева, И.С.* Утилизация осадков сточных вод с получением продуктов, обладающих товарными свойствами / И.С. Гуляева, М.С. Дьяков, И.С. Глушанкова, М.Б. Беленький // Защита Окружающей Среды В Нефтегазовом Комплексе. 2012. № 7. С. 43-49.
2. *Николаева, Л.А., Бородай, Е.Н.* Ресурсосберегающая технология утилизации шлама водоподготовки на ТЭС. Монография – Казань.: КГЭУ, 2012 - 110 с. ISBN 978-5-89873-368-1.
3. *Esbensen, K. H.* Multivariate Data Analysis In Practice – 5-th [Текст] / К. Н. Esbensen. – Ed. : CAMO, 2006. – 598 p.

**МНОГОМЕРНАЯ КАЛИБРОВКА СПЕКТРАЛЬНОГО  
АНАЛИЗАТОРА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВЕ**

*А.Рыбакова, М.С.Бланкина, В.В.Ермаков*

*Самарский Государственный Технический Университет  
г.Самара, Россия*

Вопрос об анализе состава почв и оценке их плодородия развивается с конца XVIII века. Разработано множество лабораторных методов определения содержания органического материала в почве. Среди них методы сухого и мокрого озоления (Густавсона, Кнопа-Сабанина). Недостатком их является проведение работ только в лаборатории.

Развитие агрохимии в настоящий момент имеет тенденцию получения информации состояния почв в полевых условиях. При этом получаемая информация не ограничивается одним видом прямого измерения. Косвенные измерения, например, спектроскопия, имеют многомерный характер данных. Обработка и получение полезной информации в данном случае является основополагающим видом деятельности.

Для создания спектрального анализатора содержания гумуса в почве решено использовать многомерную калибровку спектров нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Спектры получают с использованием оптиковолоконного зонда в качестве приставки к ИК-Фурье спектрометра.

Для органической составляющей почвы (гумуса) характерна высокая интенсивность отражения в средней инфракрасной области на



узких полосах спектра, что позволяет достаточно четко идентифицировать их присутствие.

Так как предлагается использовать спектроскопию без какой-либо пробоподготовки в спектрах присутствуют характерные полосы отражения других компонентов почвы, содержание которых не известно.

Решением проблемы наложения спектральных линий является использование методов хемометрики — многомерной калибровки. Наиболее удобными в данном случае могут являться методы PLS (1,2) и PCR. Они позволяют проводить калибровку по всей ширине спектра, принимая во внимание форму спектральной кривой интересующего компонента и фактически игнорировать участки наложения спектра других компонентов.

При анализе многомерных данных возможно построение графика коэффициента регрессии. Основываясь на нем, возможно выделить узкие полосы спектра наиболее значимые для построения многомерной калибровочной модели. В целях упрощения и ускорения работы с данными возможно построение модели только с использованием информации на определенных узких участках спектра. Это возможно в случае удовлетворительных результатов при сравнении точности модели на широком спектре и узких полосах.

Конечной целью упрощения модели является переход от использования спектрометров к более дешевым анализаторам на узких полосах.

**УДК 528.88**

## **АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

***В.В. Ермаков, О.Р. Баркова***

*Самарский государственный технический университет,  
г. Самара, Россия,  
ncpe@mail.ru*

Обработка гиперспектральных изображений является одной из развивающихся задач в области дистанционного зондирования. Метод гиперспектрального дистанционного зондирования основывается на регистрировании сигналов с различной длиной волны, отраженных от

исследуемого участка поверхности. Это позволяет получать детальную информацию об исследуемом участке земной поверхности, вплоть до его химических свойств. Таким образом, необходимо решить задачи выделения нефтяных загрязнений на участке земной поверхности и классификации нефтесодержащих отходов по типам спектров. Нефтесодержащие отходы образуются в процессе добычи, транспортировки и хранения нефти, а также при производстве из нее нефтепродуктов. Для решения этой задачи на изображении экспертом выделяются области нефтезагрязнений, называемые далее областями интереса, а также области, не содержащие нефтезагрязнений. На размеченной выборке строится модель классификации объектов-пикселей (Ermakov et al., 2012), признаковым описанием которых является спектральная характеристика.

При решении задачи выделения нефтезагрязнений на гиперспектральном изображении ранее были выявлены следующие проблемы. Во-первых, для некоторых видов почв присутствие нефти практически не изменяет интегральный коэффициент отражения, что делает спектр нефти трудно отличимым от темной почвы. В видимом диапазоне спектра отражения (400-750 нм) темный тон почвы может быть обусловлен высоким содержанием влаги, органического вещества или нефтепродуктов (Орлов и др., 1989).

Во-вторых, спектр участка поверхности, регистрируемый датчиком, является наложением спектров различных материалов. Кроме того, на регистрируемый спектр также оказывают влияние положение солнца, погода и наличие в атмосфере выбросов различного состава. Необходимость предобработки данных, например, внесение поправки на состав атмосферы, делает затруднительным применение стандартных алгоритмов многомерной регрессии (PLS, PCR).

Из-за перечисленных проблем ранее не удавалось получить классификацию приемлемого качества. При этом при использовании методов неконтролируемой классификации (K-means, Iso-data (Ball et al., 1965) происходило объединение объектов, существенно разных по своей природе, в один класс. Базовые методы контролируемой классификации (метод минимального расстояния, параллелепипедов, максимального правдоподобия) позволили добиться точности распознавания лишь 70-85%, что не является удовлетворительным результатом (Токарева и др., 2010).

Предлагаемый алгоритм классификации гиперспектрального изображения основывается на предположении о кластерной структуре данных. Это предположение заключается в том, что регионы интереса, выделенные экспертом на гиперспектральном изображении, являются

объединением областей с малым спектральным расстоянием внутри каждой области.

Чтобы учесть кластерную структуру данных, предлагается следующая схема классификации гиперспектрального изображения, схожая со схемой построения сетей радиальных базисных функций (Broomhead et al., 1988, Orr et al., 1996). На первом этапе выполняется процедура кластеризации размеченных областей интереса. Для этого выполняется процедура оценки смеси распределений (Dinov et al., 2008), а также подсчитываются расстояния Махаланобиса (Mahalanobis et al., 1936) между всеми центрами кластеров. На втором этапе выполняется процедура классификации объектов, признаковым описанием которых является набор расстояний Махаланобиса до вычисленных центров кластеров. В качестве процедуры классификации рассматривается алгоритм построения решающего дерева (Quinlan et al., 1986). Выбор этого простого и универсального метода классификации основан на предположении, что объекты разных классов являются хорошо разделимыми в построенном признаковом пространстве расстояний.

Описанный метод классификации позволяет добиться высокого качества классификации вследствие использования кластерной структуры данных. Метод является интерпретируемым в контексте моделируемого явления: областями интереса считаются те точки изображения, форма спектров которых схожа с формой спектров центров кластеров. Кроме того, вычислительная сложность процедуры обучения является линейной по количеству объектов, что является необходимым требованием при обработке изображения большого размера, количество точек которого достигает  $10^7$ .

### Библиографический список:

1. Гурьянова А.О., Ермаков В.В., Раменская Е.В., Мандра А.Г. Получение опорных спектральных сигнатур при гиперспектральной съемке. // Экология и промышленность России. 2014. №10. С. 44-47.
2. Орлов Д.С., Алмосова Я.М., Бочаринова Е.А., Лопухина О.В. Использование метода отражательной способности нефтезагрязненных почв при дистанционном мониторинге. // Аэрокосмические методы в почвоведении. 1989. С. 73-75.
3. Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 148 с.
4. Уваров И.А., Луян Е.А., Матвеев А.М., Мазуров А.А., Лаврова О.Ю., Митягина М.И. Организация работы с данными

спутниковых гиперспектральных наблюдений для исследования процессов в Мировом океане. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. №1. С. 200-212.

5. *Чертес К.Л., Зеленцов Д.В., Бальзанников М.И., Гришин Б.М., Андреев С.Ю.* Интенсивная биотермическая обработка осадков нефтесодержащих сточных вод. // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. №4. С. 261-266.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕЛКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*Е.С. Клыкова, С.В. Мигунова*

*Санкт-Петербургский горный университет,  
Санкт-Петербург, Россия, [kl.elizaveta@mail.ru](mailto:kl.elizaveta@mail.ru),  
[svmiguнова@mail.ru](mailto:svmiguнова@mail.ru)*

В настоящее время все большее внимание уделяется разработке мелких и средних месторождений. Они имеют как ряд преимуществ перед крупными месторождениями, так и ряд недостатков. Мелкие месторождения характеризуются низкими эксплуатационными затратами, что в свою очередь определяет себестоимость нефти. Так же они имеют небольшую площадь, вследствие чего могут быть хорошо геологически изучены [1]. Несмотря на это, существуют и свои недостатки. В первую очередь это связано с тем, что зачастую такие месторождения находятся в труднодоступных районах, в которых слабо развита, а иногда и отсутствует, производственная и социальная инфраструктура [4]. Из-за этого недропользователь сталкивается с рядом проблем таких как: транспорт нефти в пункт сбора и, наиболее важная для экологии страны и здоровья человека, проблема утилизации попутно добываемого газа.

В процессе разработки нефтяных месторождений происходит выделение попутного нефтяного газа (при снижении давления ниже давления насыщения), к которому часто в двухфазных залежах добавляется газ, прорывающийся из газовой части. Объем ПНГ обычно составляет от 5 до 300 м<sup>3</sup> на тонну нефти, а при наличии свободного газа за счет прорыва газа газовой части – до 700 м<sup>3</sup> и более. ПНГ содержит углеводородные газы и неуглеводородные компоненты (сероводород, оксиды азота, углекислый газ и др) [3].

К сожалению, значительная часть попутного нефтяного газа предприятиями до сих пор сжигается на факелах. Как и говорилось ранее, особенно остро эта проблема стоит на мелких и вновь вводимых в разработку месторождениях (отсутствие технологической инфраструктуры) [4]. Компании очень часто не предпринимают никаких мер по вторичному использованию ПНГ, а платят штрафы, когда их выбросы превышают норму, так как это является наиболее простым и дешевым вариантом для них. В то же время государство требует ограничение и сокращение вредных выбросов в атмосферу («Методические рекомендации по проектированию разработки нефтяных и газонефтяных месторождений», утверждены Приказом МПР России от 21.03.2007 №61).

Парижское соглашение 2015 года регламентирует: «Признавая, что изменение климата представляет безотлагательную и потенциально необратимую угрозу для человеческих обществ и планеты и поэтому требует, как можно более широкого сотрудничества всех стран и их участия в эффективном и надлежащем международном реагировании в целях ускорения сокращения глобальных выбросов парниковых газов» [2]. К парниковым газам следует относить метан, углекислый газ, окиси азота, все это есть в составе ПНГ.

При сжигании ПНГ на факеле газа горит не только метан, но также пропан, бутан, гексан и прочие. За год в атмосферу выбрасывается сотни тысяч тонн вредных веществ. Продукты горения этих веществ вредны в большей мере, чем эти вещества.

Такая проблема существует на ряде месторождений, одно из которых нефтегазовое месторождение N, по запасам относящееся к мелким. Из-за неразвитости инфраструктуры и большой удаленности от населенного пункта, весь ПНГ сжигается на факеле. За II квартал 2016 года на данном месторождении добыча ПНГ 9,24 млн. м<sup>3</sup>, весь газ сбрасывался на свечи рассеивания.

Особенностью ПНГ данного месторождения является большое содержание сероводорода. Содержание агрессивного компонента – сероводорода в газе (0,07 % или 0,97 г/м<sup>3</sup>) выше предельно допустимых норм (0,022 г/м<sup>3</sup>). Это в свою очередь создает определенные трудности в организации процесса сбыта добываемого газа.

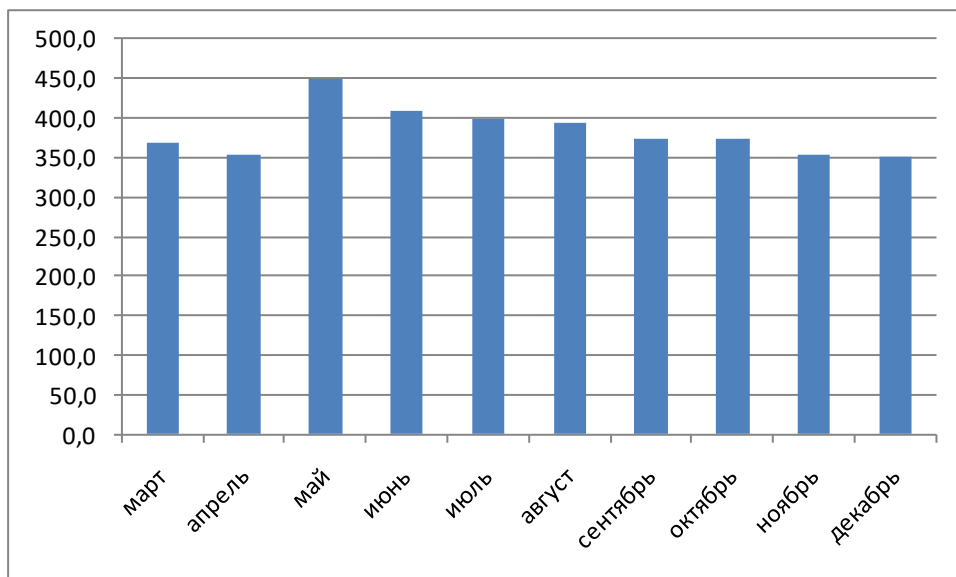


Рис. 1 – Добыча ПНГ на месторождении N

Сероводород обладает не только коррозионным действием на оборудование, что приводит к выводу его из строя, но и отрицательное влияние на организм человека и природу. Отравление этим газом приводит к потере тканевого дыхания, вызывает психические расстройства, нарушение сна, поражение нервной системы, раздражает слизистую оболочку глаза и дыхательных путей, вызывает профессиональные заболевания.

В настоящее время рекомендуется 3 способа использования ПНГ:

1) Создание электрогенерирующих мощностей для обеспечения собственных нужд и потребностей в энергии [1];

Минусом данного способа для месторождения N является не способность передачи энергии потребителям, а лишь использование ее на месторождении, а ПНГ добывается в достаточно большом количестве.

2) Переработка ПНГ, получая сухой газ, и далее подают его в систему магистральных трубопроводов для бытовых нужд [1];

ПНГ данного месторождения содержит большое количество серы и сероводорода, его очистка требует много затрат, так же месторождение не оборудовано трубопроводами.

3) Использование ПНГ в качестве газового воздействия для увеличения нефтеотдачи [1].

В условиях рассматриваемого месторождения наиболее приемлем третий вариант. Закачка газа в пласт позволит повысить пластовое давление, что в свою очередь приведет к увеличению нефтеотдачи. По опыту

применения газовых методов на зарубежных и российских месторождениях можно ожидать увеличение нефтеотдачи на 11-24%.

В настоящее время имеется хороший опыт одновременной утилизации ПНГ и увеличения КИН на шельфовых месторождениях Норвегии.

Таким образом, нужно признать факт, что на некоторых малых и мелких месторождениях, и особенно на вновь вводимых, до сих пор остро стоят вопросы об утилизации ПНГ. Для снижения вредного воздействия ПНГ на окружающую среду и здоровье человека необходимо проводить комплексный анализ влияния компонентов и продуктов сжигания ПНГ на окружающую среду и здоровье человека, больше внимания уделять просвещению инженерно-технических работников о вопросах охраны окружающей среды, популяризировать методы вторичного использования ПНГ.

#### Библиографический список:

1. *Андреева Н.Н.* Проблемы проектирования, разработки и эксплуатации мелких нефтяных месторождений/ Н.Н. Андреева. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003. – 188 с.
2. Конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата от 12 декабря 2015 г.
3. *Лысенко В.Д.* Разработка малопродуктивных нефтяных месторождений / В.Д. Лысенко и др. – М.: Недра, 2001. – 284 с.
4. *Мигунова С.В.* Разработка и исследование технологии водогазового воздействия на нефтяные пласты юрских залежей/С.В. Мигунова, В.Г. Мухаметшин, З.Р. Хазигалева. – СПб.: НПО «Профессионал», 2010. – 176 с.

## УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕШЛАМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ

*Н. О. Смольяков, Ю. А. Багдасарова*

*СамГТУ,  
Самара, Россия,  
Smolyakov\_Nikita@icloud.com,  
bagdasarovaya@mail.ru*

Ежедневно на объектах нефтяного промысла образуется огромное количество нефтешламов – отходов, имеющих сложный физико-химический состав – которые представляют большую опасность для окружающей среды, поэтому их утилизация является одной из важнейших экологических задач.

**Виды и состав нефтешламов.** Нефтешлам представляет собой смесь воды, нефтепродуктов и различных твёрдых частиц, таких как глина, песок и т.д. Основные источники образования данного отхода - технологические процессы, связанные с добычей, транспортировкой и переработкой нефти, а также вероятные аварии во время этих процессов, сопровождающиеся разливом нефти.

По способу образования и, соответственно, физико-химическому составу нефтешламы делятся на группы или виды:

- Придонные, образуются на дне водных объектов после возникновения нефтяного разлива;
- Нефтешламы, образующиеся при бурении скважин с использованием буровых растворов на углеводородной основе;
- Нефтешламы, которые образуются в ходе очистки добываемой нефти. Нефть, добытая из скважины, содержит с своим составе соли, твёрдые углеводороды, механические примеси (в том числе частицы горных пород);
- Резервуарные, образующиеся при хранении и транспортировке нефти в резервуарах;
- Грунтовые - результат соединения почвы с пролившейся на неё нефтью (причиной этого может быть авария или технологический процесс). Данный вид нефтешламов (загрязнённых почв) можно отнести к отходам только после размещения на полигонах для переработки отходов или в специальных накопителях.

Нефтяной (углеводородный) компонент нефтешламов может быть представлен различными соединениями, которые в результате длительного хранения под действием природных сил могут преобразовываться в другие



соединения за счёт процессов конденсации, полимеризации, изомеризации [1].

Состав нефтешламов, в зависимости от конкретных условий образования, может варьироваться в широких пределах. Обычно такие отходы содержат 10-56% нефтепродуктов, 30-85% воды и 1,3-46% твёрдых примесей.

Характеристики нефтешламов приведены на рисунке 1.

Характеристика	Единица измерения	Показатели исходного продукта	
		Жидкий нефтешлам	Твердый нефтешлам
Тип нефтешлама	—	Жидкий нефтешлам	Твердый нефтешлам
Содержание воды в нефтешламе	% об., не более	50	25
Содержание углеводородов в нефтешламе	% об., не более	Остальное	45
Содержание твердых частиц в нефтешламе	% об., не более	10	Остальное
Размер твердых частиц	мм, не более	5	150
Температура нефтешлама	°С, не менее	+10	+3
Вязкость нефтешлама	сСт, не более	1000	—

*Рис. 1 Характеристика нефтешламов*

*Способы переработки нефтешламов.* Выбор метода утилизации нефтешлама зависит от количества содержащихся в нём нефтепродуктов [2]. В качестве основных способов переработки и обезвреживания нефтесодержащих отходов на практике используют процессы из следующих групп :

- химическая переработка (затверждение с помощью диспергирования с гидрофобными реагентами на основе негашёной извести или других материалов);

- биологическая переработка (внесение нефтесодержащих отходов в пахотный слой земли с последующим их разложением; биоразложение с применением специальных культур микроорганизмов, биогенных добавок и подачи воздуха [3]);

- термическая переработка (сжигание в печах, открытых амбарах разного типа и конструкций; сушка или обезвоживание нефтешламов с возвратом нефтепродуктов в производство, а сточных вод - в систему водооборота и последующим захоронением твёрдых остатков; газификация; пиролиз);

- физическая переработка (гравитационное отстаивание; фильтрование; центрифугирование; экстракция);

- физико-химическая переработка (разделение нефтешлама на составляющие фазы с применением смачивателей, ПАВ, деэмульгаторов, растворителей и других реагентов с последующим использованием [2]).

Отдельным пунктом стоит выделить использование нефтешламов в качестве сырья. Так, эти отходы используют в дорожном строительстве как добавку к связующим; изготовлении стройматериалов; производстве гидроизоляции; в топливно-энергетическом комплексе как компонент товарной нефти и котельного топлива.

*Биологическая переработка как наиболее оптимальный метод утилизации нефтешлама.* В ходе анализа существующих способов переработки нефтешламов были выявлены следующие недостатки:

- Химический и физико-химический способ – применение дорогостоящих реагентов;
- Термический способ – высокие энергозатраты, вторичное загрязнение, низкая эффективность переработки (сжигание отхода без возможности разделения);
- Физический способ – использование большой территории для установок, большие затраты времени, применение сложного оборудования, требующего постоянного контроля и обслуживания.

В связи с этим наиболее перспективным и рациональным способом утилизации нефтешламов является биологический. Преимущества данного метода:

- Не требует больших площадей (зачастую при разливах нефти ликвидацию последствий можно проводить непосредственно в месте утечки);
- Не требует дорогостоящего и сложного оборудования;
- Высокоэффективный и экологически безопасный (нефть полностью разлагается до воды и углекислого газа [4]);
- Доступность и возобновляемость биологического материала.

*Принцип переработки нефтешламов с использованием микроорганизмов.* Впервые микроорганизмы, окисляющие углеводороды, описал в 1913 г. голландский микробиолог Зенген, обнаруживший их в садовой почве, воде каналов и навозе [5]. Для выделения этих бактерий в чистую культуру учёный использовал простой, но эффективный метод. Он приготовил раствор минеральных солей, нужных для развития микробных клеток, и добавил парафин как источник углерода и энергии. В колбы с приготовленной средой учёный внёс комочки почвы. Поскольку парафин был в среде единственным органическим веществом, то развивались только микроорганизмы, которые могли его усваивать. Так Зенген выделил 6 видов микобактерий, хорошо развивающихся на нефти или её очищенных фракциях — парафиновом масле, бензине, твёрдом парафине. Полученные

данные помогли понять, как из каналов и рек постепенно исчезает нефть, оставленная судами - её разлагают микроорганизмы. Позднее парафинокисляющие «лучистые грибки» были обнаружены и другими учёными в различных видах почв, воде и иле водохранилищ. Особенно много таких бактерий содержится в почвах и пластовых водах нефтеносных районов, а также в почвах на территории нефтеперерабатывающих заводов, гаражей, стоянок сельскохозяйственной техники и т. д.

Суть переработки нефтешламов микроорганизмами проста. Специальные лаборатории занимаются поиском и сбором нефтеразлагающих бактерий, размножают их с помощью специальных технологий и делают концентрированный препарат, обычно в виде порошка или пасты [4]. В этом препарате бактерии пребывают в состоянии сна. Для переработки нефтешлама берут порцию этого порошка и помещают в специальную ёмкость – для 200-литровой бочки достаточно одного килограмма, туда же добавляют небольшое количество нефти и специального реагента. В ёмкости бактерии пробуждаются ото сна и активно размножаются. Примерно через 12 часов приготовленную смесь можно вносить в загрязнённые участки местности. Бактерии окисляют нефтепродукты до воды и углерода, или, проще говоря, «съедают» их. В течение некоторого времени нефть исчезает с поверхности воды или почвы.

*Утилизация нефтешламов микроорганизмами на примере препарата БАК-ВЕРАД.* БАК-ВЕРАД является препаратом-биодеструктором нефтяного загрязнения и представляет сообщество бактерий, микробиологический реагент или биодеструктор нефтяных углеводородов, предназначенный для очистки почвы и воды от нефтяных углеводородов [6]. Биоценоз препарата представлен отделами бактерий *Bacillus* (бациллы), *Atherobacter*, *Rhodococcus* (родококки) и *Pseudomonas* (псевдомонады). Это - естественные нетоксичные непатогенные селективно улучшенные микроорганизмы, специально отобранные по критерию эффективности усваивания сложных соединений углеводородов и продуктов их разложения. Сухая (в виде порошка) или концентрированная жидкая форма препарата содержат научно составленное сообщество из штаммов живых углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) в виде концентрата спор с титром  $10^{10-11}$  КОЕ/г, минеральные соли и экологически чистый питающий носитель.

Для рекультивации земель препарат БАК-ВЕРАД должен применяться для утилизации нефтешламов на специально оборудованных площадках. Допустимый рН среды составляет  $4 \div 9$  (оптимально нейтральный).

Температура окружающего воздуха от +5 до + 36 °С, оптимальная от +10 до + 36 °С. Если температура окружающей среды опускается ниже +5 °С, скорость роста бактерий снижается вплоть до полной остановки биологической активности, образования спор и перехода в спящий режим.

Влажность очищаемых нефтешламов должна быть не менее 30%, оптимально 50÷70%. Оптимальное для бездефицитного питания клеток препарата соотношение углерода, азота и фосфора (С:N:P) в пределах = 100:20:5 ÷ 100:5:1. Внесение дополнительной подкормки может потребоваться при рекультивации высококонцентрированных нефтешламов с концентрацией нефтепродукта > 40%.

Рекомендуется применять доступные минеральные подкормки: мочеви́на+суперфосфат в соотношении N/P 20/5÷5/1: 150кг + 30 кг/га почвы, 30 + 6 кг/м<sup>3</sup> почвы или азотно-фосфорное удобрение NP (N/P 33/5): 90-150 кг/га почвы, 20-30 кг/м<sup>3</sup> почвы.

Также играет важную роль такой фактор, как кислотность почвы. Близкие к нейтральным значения рН являются оптимальными для роста большинства бактерий на углеводородах.

Для раскисления почвы можно дополнительно вносить доломитовую муку или известь из расчёта 2000 кг/га. Известь снижает подвижность содержащихся в нефти токсичных веществ.

Для активного восстановления дерново-подзолистых почв, которые в результате нефтяного загрязнения превратились в техногенные солончаки и солонцовые почвы, рекомендуется применять химическую мелиорацию, в частности - гипсование. В этом случае при условии достаточной влажности в присутствии гипса кальцием вытесняет поглощённый натрий, а образующийся сульфат натрия вымывается и снижается щёлочность почвы, обусловленная техногенным влиянием.

Посев трав с разветвлённой корневой системой в почву, загрязнённую нефтью, способствует ускорению разложения углеводородов.

Положительное влияние сельскохозяйственных растений, особенно многолетних трав, объясняется тем, что их развитая корневая система благоприятствует улучшению газовоздушного режима загрязнённой почвы, обогащает её азотом и биологически активными соединениями. Всё это стимулирует рост микроорганизмов и ускоряет разложение нефти и нефтепродуктов. Также следует учитывать способность самих растений разлагать различные нефтяные углеводороды.

Переработка нефтешламов с использованием данного препарата включает следующие стадии:

1) Сразу после аварии разлитую нефть по возможности немедленно локализуют или собирают с поверхности почвы с помощью нефтесорбентов или механических средств.

2) Концентрат препарата (в жидкой или порошковой форме) для получения рабочей суспензии заливают водой из природного водоёма (река, озеро), исходя из данных таблицы 1. Количество воды подбирают так, чтобы средний расход при дождевании загрязнённого участка составлял 400-500 мл/м<sup>2</sup>. В течение одного часа приготовленный раствор активируют путём его циркуляции с помощью насоса. При этом струя смеси возвращается в ёмкость через распылитель над поверхностью раствора для насыщения его воздухом.

Таблица 1.  
Нормы расхода препарата БАК-ВЕРАД

Концентрация нефтяного загрязнения			Расход препарата (1 кг = 1 л концентрата)
%	кг/кг почвы	кг/м <sup>3</sup> почвы	кг/м <sup>3</sup> почвы
1 – 5	До 50000	10 – 50	0,15
5 – 10	До 100000	50 - 100	0,15 – 0,4
10 – 30	До 300000	100 - 300	0,4 – 1,5
30 - 100	≥300000	≥300	1,5 - 2

3) Проводят дождевание загрязнённого участка препаратом.

4) Проводят подкормку загрязнённого участка.

5) Загрязнённый участок рыхлится и перепахивается. Если загрязнение проникло в почву на глубину до 15 см, почва рыхлится на глубину загрязнения. При проникновении загрязнения в почву глубже 15 см дополнительно к рыхлению в почве бурят шурфы. В шурфы вводят водный раствор препарата. Расход препарата составляет примерно 10 л/м<sup>3</sup> почвы или 2 л/м<sup>2</sup> почвы.

6) Проводят ступенчатую обработку почвы препаратом. Обработка проходит в 2-3 стадии в течение тёплого времени года в соответствии с дозировками и временными этапами.

7) Перед началом следующей стадии производят подкормку почвы. После этого вносят очередную порцию препарата согласно данным, представленным в таблице 1.

На протяжении всего процесса очистки влажность почвы должна поддерживаться на уровне 40-50% периодическим дождеванием очищаемого участка. Расход воды при этом составляет 25 - 70 л/м<sup>3</sup> почвы или 5-15 л/м<sup>2</sup> почвы.

8) Работы завершают осенью, обычно в сентябре-октябре при снижении температуры окружающей среды ниже +5°C. Производится контроль снижения нефтяного загрязнения в почве. Вносят минеральные удобрения в соотношении, оптимальном для роста растений.

9) Участок, очищенный от загрязнения, засеивают травой.

При проникновении нефти в почву на глубину больше 60 сантиметров загрязнённый слой почвы снимают экскаватором и помещают для рекультивации на площадку с гидроизолированным основанием [6]. Загрязнённые нефтешламы укладывают в бурты высотой 40-60 см и увлажняют до 50%. Обработку биопрепаратом и подкормкой производят по ступенчатой схеме в зависимости от уровня загрязнённости почвы нефтепродуктами. На протяжении всего процесса очистки бурты переворачивают каждые 30-40 дней. Влажность буртов в течение всего процесса очистки поддерживают в пределах 50-60%. По окончании обезвреживания очищенную почву возвращают на место и засеивают травой. Обезвреженные отходы применяют для отсыпки территории. Площадка рекультивации может представлять собой участок земли, гидроизолированный полиэтиленовой плёнкой, отапливаемый ангар или бетонированную площадку.

### Библиографический список:

1. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. Монография. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Печ. Издательский дом «Ноосфера», 2001. - 56с.
2. Джураев К. А., Аминова А. С., Гайбуллаев С. А. Основные методы обезвреживания и утилизации нефтеотходов // Молодой учёный. — 2014. — №10. — С. 136-137.
3. Каталитические, сорбционные, микробиологические и интегрированные методы для защиты и ремедиации окружающей среды. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. - 298 с.
4. Пожиратели нефти: бактерии на службе у нефтепользователей [Электронный ресурс] // РБК – новости, акции, курсы валют, доллар, евро. - URL: <http://t.rbc.ru/tyumen/15/09/2016/57da74689a79478dddb4cbeb> (дата обращения 19.09.2017).
5. Перспективы использования биопрепаратов углеводородокисляющих микроорганизмов для обезвреживания, переработки и утилизации нефтесодержащих отходов

[Электронный ресурс] // Нефтешламы.ру: нефтешламы и нефтеотходы. Тематический портал о методах их сбора, очистки, переработки и удаления. - URL:

<http://www.nefteshlamy.ru/stat.php?id=43> (дата обращения 19.09.2017).

6. ТУ 9291-003-81279053-2014. Бактериальный препарат БАК-ВЕРАД – биодеструктор нефтяного загрязнения.

УДК 631.421

## ОПТОВОЛОКОННЫЙ АНАЛИЗАТОР ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

*М.А. Янмурзаева; В.В. Ермаков*

*Самарский государственный технический университет  
г. Самара, Россия,  
[marina11201120@mail.ru](mailto:marina11201120@mail.ru)*

Одной из актуальных экологических проблем в настоящее время является истощение почв. Поддержание плодородия пахотных земель является необходимым условием устойчивого развития общества.

Сельскохозяйственной промышленности и мелким фермерам необходимо быстро и недорого узнавать уровень содержания органических питательных веществ в почве, это информация поможет аграриям в том числе определить какая посевная зона более пригодна для той или иной сельскохозяйственной культуры. Наиболее плодородные территории будут использоваться под посев массивных культур, которые сильно истощают почву, а почвы с меньшим содержанием гумуса будут использоваться под посев низкорослых, малопродуктивных культур.

Целью настоящей работы являлось создание компактного анализатора, способного измерять содержание гумуса в почве в полевых условиях с мгновенным отображением результата измерения.

Для решения поставленной задачи был выбран один из наиболее информативных методов, который возможно легко реализовать в полевых условиях – оптическая спектроскопия в инфракрасном диапазоне (ИК). При изменении содержания компонентов почвы, в том числе биогенных органических соединений наблюдается изменения их спектральных характеристик.

Измерения проводятся в среднем ИК диапазоне с Фурье преобразованием при длине волны  $800-4000 \text{ см}^{-1}$  (пересчитать в  $\text{нм}$  ). В



целях проведения работ без отбора образца может применяться зонд нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Кристалл НПВО из оксида циркония является одним из наиболее бюджетных вариантов, при этом он является достаточно прозрачным, стоек к механическим воздействиям, воде, органическим растворителям и слабым растворам кислот и щелочей.

Для проведения лабораторных исследований зонд (производитель art photonics, Берлин, Германия) с выбранным кристаллом НПВО и широкополосным поликристаллическим оптическим волокном соединялся со спектрометром при помощи каплера. Каплер позволяет направлять излучение от источника по средствам зеркал в волокно и после прохождения кристалла к приемнику.

В ходе исследования зонд погружался в образец без пробоподготовки. Каждый образец почвы перемешивался после получения спектра и измерения повторялись до 50 раз. Это позволяло усреднять спектральные характеристики образца. При этом появлялась возможность оценить «шум», создаваемый условиями выполнения измерений. К данным условиям можно отнести размер частиц почвы, который определяет качество прилегания этих частиц к кристаллу. После проведения съемки спектра каждый образец анализировался референтными лабораторными методами, которые аттестованы и внесены в федеральный реестр.

Собранные данные сводились в табличный формат, где столбцы соответствовали длине волны спектра или измеряемому компоненту, а строки исследуемому образцу.

Для создания математической модели соответствия спектральных особенностей почвы и состава применялась многомерная калибровка методом PLS (регрессия на латентные структуры). Для проверки работоспособности модели в условиях ограниченного количества образцов в лаборатории (что связано с длительностью проведения химического анализа референтным методом) применялся метод перекрестной валидации при десятичном сегментировании. Точность валидации модели составляла свыше 70% .

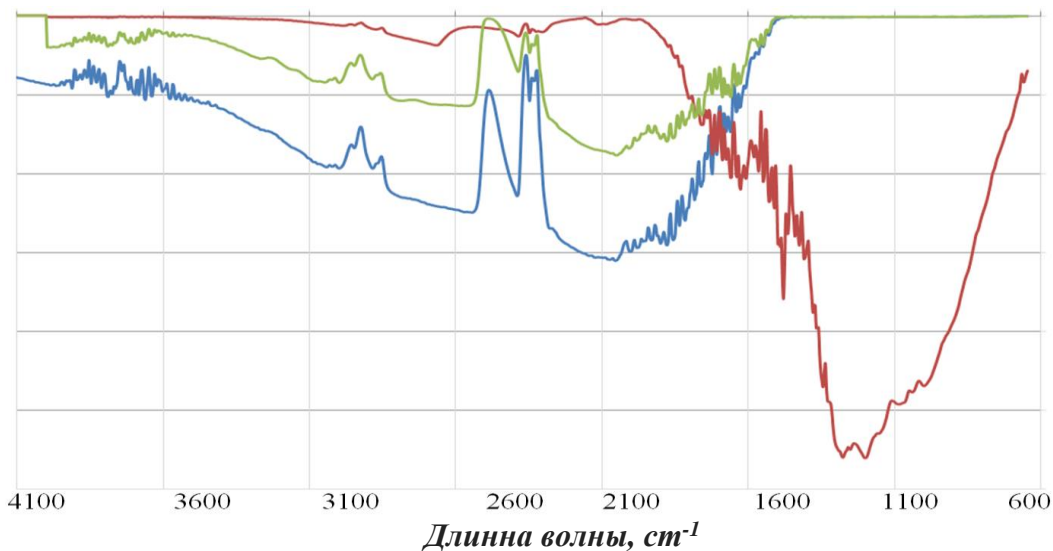
На основе полученных данных были определены наиболее значимые участки спектров для построения калибровочной модели, это становится видно при построении графика коэффициента регрессии. На нем наиболее удаленные от нулевого значения точки являются более важными. Используя обозначение таким образом длины волн можно подобрать соответствующие пары свето- и фотодиодов на основе которых возможна сборка упрощенного анализатора. Фотодиоды обеспечивают узкополосную подсветку (2-3 длины волны), интенсивность получаемого



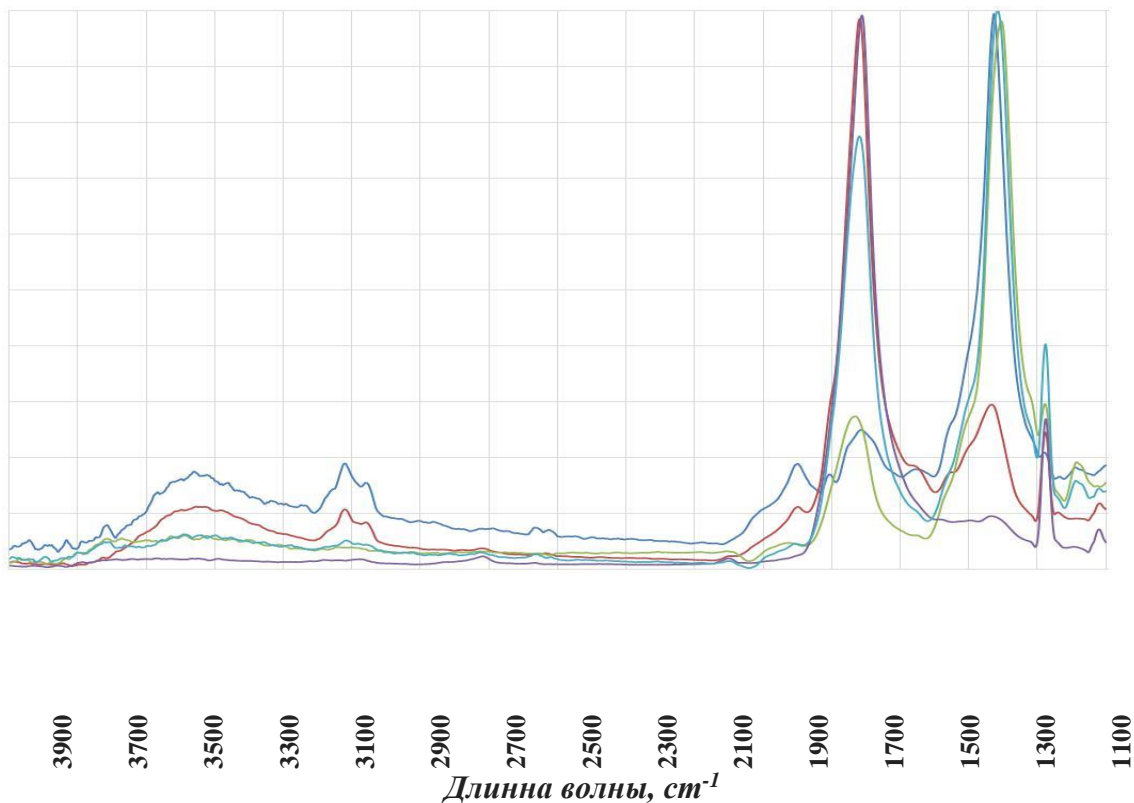
после зонда освещения фотодиодов умножается на соответствующий калибровочный коэффициент для получения содержания гумуса.



Рис 1. Фото лабораторного анализатора



Синий -  $ZrO_2$ ; зеленый - алмаз; красный – отражающий зонд  
Рис 2. Сравнение кристаллов НПВО



Правая часть - минеральные компоненты почв. 1600. - основная полоса идентификации гумуса. 2950 полоса для углеводородной цепочки. может перекрываться нефтью при загрязнении 3400 полоса воды.

Рис 3. Спектры почв и грунтов