

УДК 628.543.96, 502.36

Показатели санитарного состояния и оценка эффективности очистки нефтезагрязненных почв

Крамм Э.А., Заборская А.Ю., Заборская О.Ю.

В статье рассмотрены показатели санитарного состояния и методы оценки эффективности очистки нефтезагрязненных почв. Биологические способы очистки почв от нефтепродуктов имеют ряд преимуществ, в том числе экономическую выгоду и экологичность. Отличительной чертой процессов биологического окисления является необходимость аэрирования и подачи питательных веществ, необходимых для роста и жизнедеятельности микроорганизмов. Для очистки нефтезагрязненных почв в климатических условиях, характерных для средней полосы актуально применение биореакторов. Данные аппараты позволяют создавать наиболее благоприятные условия для осуществления и интенсификации естественного процесса биodeградации. Вместе с этим, биореакторы дают возможность более полно изучить протекание процесса в лабораторных условиях. Для изучения влияния процесса аэрации на биodeградацию углеводородов в почве проведены эксперименты в биореакторе открытого типа с различными аэрирующими устройствами и режимами перемешивания. Для комплексной оценки эффективности процесса предложен показатель, представлены примеры его применения на процессах биоремедиации в биореакторе с применением мешалок-аэраторов. Этот показатель позволяет учесть энергию, затраченную на очистку, ее продолжительность, массу обрабатываемой почвы, а также снижение концентрации углеводородов в почве за время очистки. Благодаря использованию данного показателя выявлен оптимальный режим и наиболее эффективное перемешивающее устройство.

Ключевые слова: нефтезагрязнения, мешалка-аэратор, биоремедиация, почвы, аэрация.

Indicators of a sanitary state and assessment of petropolluted soils weeding efficiency

Kramm E.A., Zaborskaya A.Y., Zaborskaya O.Y.

In article indicators of a sanitary condition and evaluation methods of petropolluted soils cleaning efficiency are considered. Biological methods of soils cleaning of oil products have a number of advantages, including an economic benefit and ecological compatibility. A distinctive feature of biological oxidation processes needs of aeration and supply of the nutrients necessary for microorganisms growth and activity. Use of bioreactors is actual for cleaning of the petropolluted soils in the climatic conditions characteristic of a midland. These devices allow to create optimum conditions for implementation and an intensification of natural biodegradation. In the same time, bioreactors give the capability to make better studying process in vitro. For examining of aeration influence on biodegradation of hydrocarbons in the soil experiments in the bioreactor of open type with various aerating devices and the modes of hashing are made. For a complex efficiency evaluation of process the indicator is offered, examples of its application on bioremediation processes in the bioreactor using mixers aerators are provided. This indicator allows to consider the energy spent for cleaning, its duration, mass of the processed soil, and also decrease in concentration of hydrocarbons in the soil during cleaning. Due to this indicator the optimum mode and the most effective mixing device is revealed.

Keywords: petropollution, mixer-aerator, bioremediation, soil, aeration.

Введение

Разработка месторождений нефти в современном мире является комплексным многоуровневым процессом, включающим в себя добывающие, производственные и обслужива-

ющие объекты различных отраслей народного хозяйства [1].

Нефть - вещество, состоящее из различных органических соединений, в основном углеводородов. Переработка нефти в основном осу-

ществляется путем ее перегонки, а также крекинга, в ходе которых получают дистилляты (фракции) и углеводородные соединения меньшей молекулярной массы соответственно. Конечными продуктами переработки нефти являются: различные виды топлива, смазочные материалы, битумы, парафины и другие органические вещества [2].

По уровню воздействия на окружающую среду нефтедобывающая промышленность занимает одно из ведущих мест среди различных видов деятельности человека.

Объекты разработки нефтяных месторождений включают в себя непосредственно скважины, хранилища и резервуары нефти, насосные станции, трубопроводы, аппараты подготовки нефти и прочие обслуживающие аппараты и сооружения. Следует заметить, что каждый из этих объектов является потенциально опасным источником загрязнения окружающей среды [1].

Процесс бурения нефтяных скважин провоцирует появление ряда факторов, отрицательно влияющих на природу: химическое загрязнение почвенного покрова, вод и воздуха веществами и реагентами, применяемыми при бурении и получаемыми в процессе испытательных работ; физическое нарушение растительного и почвенного покрова; нарушение температурного, аэрационного и водного режима почв и грунтов [3].

Особое значение имеют случаи возникновения аварийных разливов, возникших в ходе нарушений деятельности различных элементов нефтедобывающего комплекса [1].

Транспортировка нефти и продуктов переработки осуществляется по трубопроводам, а также железнодорожным, автомобильным, воздушным и водным транспортом [4].

Помимо аварийных прорывов трубопровода, способных привести к катастрофическим последствиям, может происходить загрязнение территории непосредственно вдоль линии трубопровода за счет утечек через не-

плотности и микротрещины в соединениях и поверхностях труб [1].

В соответствии с законодательством Российской Федерации, нефтяные разливы классифицируются как чрезвычайные ситуации и подлежат ликвидации в соответствии с существующими нормативными документами [5].

Для оценки степени загрязненности почв используются такие критерии, как ПДК (предельно допустимое количество) ОДК (ориентировочные допустимые количества) загрязняющих веществ в почве. Нормативы количеств этих веществ в почвах, смежных средах, сельскохозяйственной продукции, а также общие показатели санитарного состояния почв определены ГОСТ 27593-88 и ГОСТ 17.4.2.01-81 соответственно [6].

Показатели санитарного состояния

Одним из критериев состояния почвы является ее санитарное состояние - совокупность физико-химических, химических и биологических свойств почвы, которые обуславливают ее непосредственное влияние на здоровье человека и животных [7].

Показатели санитарного состояния почв представляют собой комплекс санитарно-химических, санитарно-бактериологических, санитарно-гельминтологических и санитарно-энтомологических данных, позволяющих оценить санитарное состояние почв.

Показатель, характеризующий концентрацию нефти и нефтепродуктов при оценке санитарно-химического состояния почв, применяется в обязательном порядке для населенных пунктов, зон санитарной охраны источников водоснабжения, транспортных земель, и в случае наличия источника загрязнения для курортов и зон отдыха, санитарно-защитных зон предприятий, сельскохозяйственных угодий, лесных угодий [8].

Несмотря на то, что значение ПДК (предельно допустимой концентрации) нефти и нефтепродуктов в почве не установлено, для

незагрязненных почв массовая доля нефтепродуктов не должна превышать 0,1%. [9].

Загрязненные территории следует обеспечить непрерывным контролем уполномоченных служб вплоть до того момента, когда уровень загрязняющих веществ в них не упадет до допустимого.

Наиболее подвержены загрязнению почвы, расположенные в непосредственной близости от предприятий, объектов жилищно-коммунального хозяйства, сельскохозяйственного сектора, транспортных коммуникаций, трубопроводов [6].

В процессе жизнедеятельности микроорганизмов, обитающих в почве, многие загрязняющие вещества претерпевают изменения. Процесс разложения загрязнителей осуществляется естественным путем и называется «биодеградация». Ряд свойств почвы позволяет аккумулировать загрязняющие вещества и препятствовать их дальнейшему поступлению в водные объекты и атмосферный воздух [10].

Процесс биодегградации загрязнений осуществляют некоторые штаммы микроорганизмов, полученные естественным и искусственным путем, культуры дрожжей, бактерий, грибов, а также целые сообщества микробактерий [11].

Многие химические вещества, в том числе углеводороды, могут быть минерализованы или трансформированы в значительно менее токсичные соединения по сравнению с исходными. Степень снижения отрицательного воздействия загрязнителей на окружающую среду сильно зависит от так называемой буферной емкости почв. Максимальной емкостью обладают почвы, обогащенные известью, гумусом, с тяжелым гранулометрическим составом.

Отличительной чертой биотехнологических процессов является необходимость аэрирования и подачи питательных веществ, необходимых для роста и жизнедеятельности микроорганизмов.

Способы биологического обезвреживания отходов экономически выгодны и используются после проведения механической и физико-химической обработки [11].

Таким образом, за счет использования природного естественного процесса можно осуществить практически полное разложение конечных продуктов до безопасных нетоксичных соединений [10].

В климатических условиях, характерных для средней полосы, где среднегодовая температура значительно ниже необходимых для активной жизнедеятельности большинства микроорганизмов актуально использование специальных аппаратов - биореакторов для осуществления процесса биологической очистки почвы. Данные аппараты позволяют создавать наиболее благоприятные условия для осуществления и интенсификации естественного процесса ремедиации. Вместе с этим, биореакторы дают возможность более полно изучить протекание процесса в лабораторных условиях.

Эксперименты по биодегградации проводились в биореакторе открытого типа с различными аэрирующими устройствами – сателлитной и гребковой мешалками, в различных режимах работы (32 часа с перемешиванием в течение 8 часов дважды с интервалом простоя в 16 часов, 8 часов непрерывного перемешивания, 15 минут перемешивания – 15 простоя в течение 8 часов, 30 минут перемешивания – 30 минут простоя в течение 8 часов). Пробы для определения концентрации нефтепродуктов отбирались ежечасно, также замерялась мощность, затрачиваемая на перемешивание.

В работах по изучению биодегградации нефтезагрязнений используют различные показатели эффективности проводимых процессов. В основном, это показатели эффективности потребления углеводородного субстрата микроорганизмами. Чаще всего определяют процентное соотношение окисленных углеводородов в конце периодического процесса к их

исходному содержанию в среде (степень деградации, снижение концентрации в процентах). Недостатком этих показателей является то, что они не учитывают время проведения процесса рекультивации, а также затраты энергии на его проведение.

Использование различных перемешивающих устройств и режимов перемешивания с целью аэрации почвы, загрязненной нефтепродуктами, в различной степени ускоряло процесс биodeградации и приводило к различным затратам энергетическим. В таких условиях выбор перемешивающего устройства и режима его работы для динамического воздействия крайне затруднен [12].

Для сравнения эффективности проведения процесса биоремедиации с учетом затрат на его осуществления нами используется особый критерий – показатель затратности ремедиации (ПЗР). Формула для расчета ПЗР [13]:

$$\text{ПЗР} = \frac{E \cdot t}{m \cdot \Delta c}, \text{ КДж} \cdot \text{час} / \text{г},$$

где:

- E , КДж – энергия, затраченная на очистку;
- t , ч – продолжительность очистки;
- m , кг – масса обрабатываемого грунта;
- Δc , г/кг – понижение концентрации углеводородов в почве за время очистки t .

На рисунке 1 представлены примеры расчета ПЗР для проведенных экспериментов, из которого видно, что более эффективны сателлитная мешалка-аэратор и дробные режимы перемешивания.

Следовательно, показатель затратности ремедиации учитывает количество энергии, затраченной на процесс биоремедиации, массу очищаемой почвы, количество утилизированных углеводородов и время, пошедшее на очистку. Эффективность процесса тем выше, чем меньше значение показателя.

Заключение

С помощью ПЗР можно сравнивать эффективность разных типов установок для очистки нефтезагрязненных почв, режимы работы этих установок, а также различные методы биологической очистки, такие как очистка биореакторах и в буртах на полигоне. Ограничивает область применения показателя только то, что с его помощью можно сравнивать только активные процессы очистки, когда осуществляется какое-либо воздействие на почву с целью ускорения процесса деградации углеводородов нефти, а следовательно и затраты энергии.

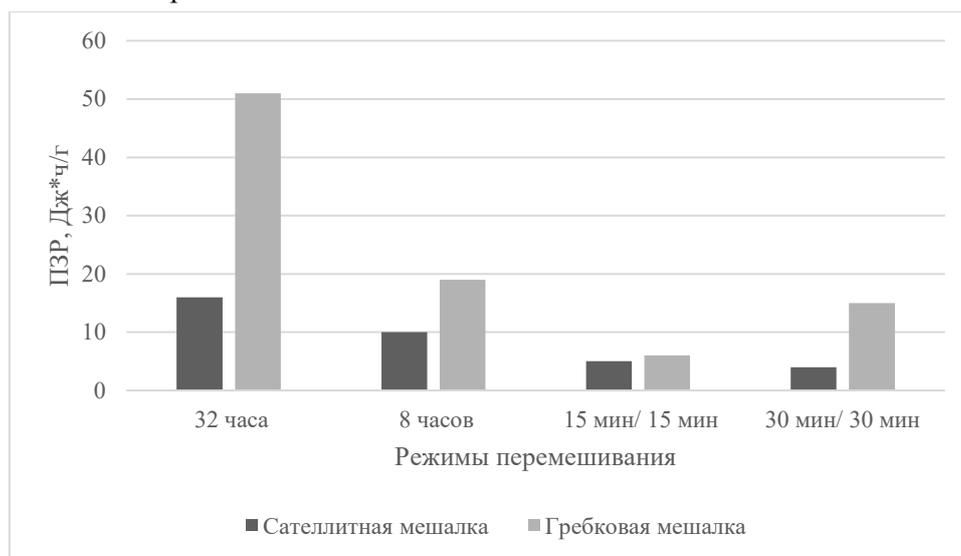


Рис. 1. Показатель затратности ремедиации при использовании гребковой и сателлитной мешалок-аэраторов

Литература

1. РД 52.24.354-94 Методические указания. Организация и функционирование системы специальных наблюдений за состоянием поверхностных вод суши в районах разработки месторождений нефти, газа и газоконденсата.
2. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В трех томах. Том I. Органические вещества. Под ред. закл. деят. науки проф. Н. В. Лазарева и докт. мед. наук Э. Н. Левиной. Л., «Химия», 1976. - 592 с.
3. РД 39-133-94 Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше.
4. ГОСТ 1510-84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
5. Постановление правительства Российской Федерации от 21 августа 2000 года N 613 О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.
6. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
7. ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения.
8. ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния
9. ГОСТ Р 54039-2010 Качество почв. Экспресс-метод спектроскопии в ближней инфракрасной области для определения содержания нефтепродуктов.
10. ГОСТ 32640-2014 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды.
11. РД 51-1-96 Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на суше на месторождениях углеводородов поликомпонентного состава, в том числе серосодержащих.
12. Заборская А.Ю., Заборская О.Ю., Крамм Э.А. Аппаратурно-техническое оформление биоремедиации нефтезагрязненных почв // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2015, №6, с. 26-30
13. Заборская А.Ю., Крамм Э.А. Показатель затратности ремедиации нефтезагрязненных почв. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2013, №1, с.19-23

References

1. RD 52.24.354-94 Methodical instructions. The organization and functioning of system of special supervision over a condition of a surface water of sushi in areas of development of oil fields, gas and gas condensate.
2. Vrednye veshhestva v promyshlennosti. Spravochnik dlja himikov, inzhenerov i vrachey [Harmful substances in the industry. The reference book for chemists, engineers and doctors]. Prod. the 7th, lane and additional. In three volumes. Volume I. Organic substances. Under the editorship of I have jammed. deit. sciences of the prof. N. V. Lazarev and dokt. medical sciences of E. N. Levina. L., "Chemistry", 1976. - 592 p.
3. RD 39-133-94 the Instruction for the protection surrounding the environment at construction of wells on oil and gas on the land.
4. GOST 1510-84 Oil and oil products. Marking, packing, transportation and storage.
5. The resolution of the government of the Russian Federation of August 21, 2000 N 613 About urgent measures for the prevention and elimination of emergency oil spills and oil products.
6. GOST 17.4.3.04-85 Conservation. Soils. The general requirements to control and protection from pollution.
7. GOST 27593-88 of the Soil. Terms and definitions.
8. GOST 17.4.2.01-81 Conservation. Soils. Product indicators of a sanitary state
9. GOST P 54039-2010 Quality of Soils. A spectroscopy express method in near infrared area for determination of content of oil products.
10. GOST 32640-2014 Test methods of the chemical production constituting danger to environment.
11. RD 51-1-96 the Instruction for environmental protection at construction of wells on the land on fields of hydrocarbons of multicomponent structure, including sulfur-containing.
12. Zaboriskaya A.Yu., Zaboriskaya O. Yu., Kramm E.A. Apparaturno-tehnicheskoe oformlenie bioremediacii neftezagrjzennyh pochv [Hardware and technical registration of bioremediation petropolluted soils] // Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse [Environment protection in an oil and gas complex], 2015, vol.6, pp. 26-30.

13. *Zaborskaya A.Yu., Kramm E.A.* Pokazatel' petropolluted soils] // *Zashhita okruzhajushhej sredy v* ztratnosti remediacii neftezagrjaznennyh pochv neftegazovom komplekse [Environment protection in [Pokazatel of cost intensity of a remediation of the an oil and gas complex], 2013, vol. 1, pp. 19-23.

Статья поступила в редакцию 15 февраля 2016 г.

Kramm Eduard Aleksandrovich – доктор технических наук, профессор кафедры «Биотехнология» ФГБОУ ВО Московский государственный машиностроительный университет, г. Москва, Россия. E-mail: o_zh@mail.ru

Zaborskaya Anna Yurjevna – кандидат технических наук, доцент кафедры «Биотехнология» ФГБОУ ВО Московский государственный машиностроительный университет, г. Москва, Россия. E-mail: a.zaborskaia@yandex.ru

Zaborskaya Olga Yurjevna – аспирант кафедры «Биотехнология» ФГБОУ ВО Московский государственный машиностроительный университет, г. Москва, Россия. E-mail: o_zh@mail.ru

Kramm Eduard Aleksandrovich – Professor, Moscow state university of mechanical engineering, Moscow, Russia. E-mail: o_zh@mail.ru

Zaborskaya Anna Yurjevna – Ph.D., Moscow state university of mechanical engineering, Moscow, Russia. E-mail: a.zaborskaia@yandex.ru

Zaborskaya Olga Yurjevna – graduate student, Moscow state university of mechanical engineering, Moscow, Russia. E-mail: o_zh@mail.ru