



УДК 504.062.4

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ, С ПОМОЩЬЮ СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОРФА

### ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF THE RECOVERY OF SOILS, OILED WITH OIL PRODUCTS, WITH THE HELP OF SORBENT ON THE BASIS OF MODIFIED PEAT

**Адельфинская Екатерина Андреевна**

студент бакалавриата,  
Санкт-Петербургский  
государственный университет  
adelfinskayakate19@gmail.com

**Беляев Анатолий Михайлович**

кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент кафедры экологической геологии  
Санкт-Петербургский  
государственный университет  
abel-7-777@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен способ рекультивации почв, загрязненных нефтепродуктами, с помощью натурального сорбента – активированного удобрением торфа. После проведения микробиологического этапа рекультивации всхожесть тестовой культуры оказалась ниже, чем в образцах чистой почвы, но значительно выше, чем в образцах загрязненной. Количественный анализ остаточного содержания нефтепродуктов показал, что таковое стало ниже уровня, допускаемого современными нормативами.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, рекультивация, активированный торф, фитотоксичность, количественный анализ.

**Adelfinskaya Ekaterina Andreevna**

Undergraduate student,  
Saint Petersburg state university  
adelfinskayakate19@gmail.com

**Beliaev Anatoliy Michailovich**

Candidate of geology-mineralogical sciences,  
Associate professor at the department of  
ecological geology,  
Saint Petersburg state university  
abel-7-777@yandex.ru

**Annotation.** In this article, a method of remediation of soils that are contaminated with petroleum products is considered. As a natural sorbent peat, activated with fertilizer was used. It soaks up oil hydrocarbons and activates indigenous microorganisms. According to the results of laboratory analyzes, soils' cleaning method using activated peat is recognized as effective: the germination recorded in cleaned samples was lower than in clean, but significantly higher than in polluted soils' samples. Quantitative analysis data showed that the level of residual contamination after the microbiological stage of remediation was lower than the MPC for petroleum products.

**Keywords:** oil products, reclamation, activated peat, phytotoxicity, quantitative analysis.

## Введение

Почва является особым компонентом окружающей среды, выполняющим роль незаменимого питательного субстрата. Способность активно аккумулировать загрязняющие вещества в совокупности с ограниченной способностью к самоочищению создает неблагоприятную экологическую обстановку в том числе и в условиях городского ландшафта. Нарушается равновесие и без того хрупкого комплекса естественных образований городской среды, находящихся под постоянным техногенным давлением.

В связи с большой автомобильной нагрузкой на городскую систему, одними из наиболее распространенных поллютантов в городе являются нефтепродукты. Из-за токсического воздействия на почвенные образования, выполнение ими биологических, экологических и эстетических функций становится затруднительным.

В процессах самоочищения почв в естественных условиях большое значение имеют физико-химические параметры самой нефти и естественные биохимические и физические свойства почвы. Соответственно, почва может очищаться за счет своих собственных ресурсов. Однако, такое восстановление требует куда больших временных затрат, чем при проведении работ по рекультивации.

## Цели

Исследование эффективности очистки почв, загрязненных различными нефтепродуктами, модифицированным азотно-фосфорно-калийным удобрением сфагновым моховым торфом; сравнение



токсичности керосина и бензина на основе тестов по фитотоксичности и данных о количественном остаточном содержании нефтепродуктов в образцах почвы.

### **Задачи**

Пробоподготовка почв и торфа, использующегося в качестве натурального сорбента; проведение работ по искусственному загрязнению образцов бензином и керосином; проведение микробиологического этапа рекультивации путем добавления натурального сорбента; оценка динамики уровня фитотоксичности по показателям всхожести тестовой культуры в чистых, загрязненных и очищенных образцах почв, определение ее изменчивости в зависимости от типа нефтепродукта-загрязнителя; анализ остаточного содержания нефтепродуктов в почве гравиметрическим методом.

### ***Загрязнение городских почв нефтепродуктами***

В процессе урбанизации формируется урбоэкосистема – природно-городская система, состоящая из фрагментов природных экосистем, окруженных домами, промышленными зонами, автомагистралями, которая замещает деградированные или уничтоженные естественные образования [2]. Они характеризуются нарушением биологического круговорота, уменьшением биоразнообразия и лишь частичным сохранением способностей к саморегуляции. Более того, в подобных условиях почвенные микроорганизмы не могут быстро адаптироваться к резко изменяющимся условиям окружающей среды, ослаблены и не в состоянии поддерживать почвенный гомеостаз. Соответственно, городская почва перестает быть почвой в классическом Докучаевском понимании – ведущая роль отдается не естественным, а антропогенным процессам.

В связи с большой автомобильной нагрузкой на городскую экосистему, одними из наиболее распространенных поллютантов в городе являются нефтепродукты. Они попадают в городские почвы и грунты не только в результате автомобильных аварий, но и локальных разливов на автозаправочных станциях, при нарушении целостности цистерн, в которых хранится топливо, при авариях на нефтеперерабатывающих заводах. Источником загрязнения почвенного покрова, например, в случае аварийных ситуаций на дорогах. Значительная часть вредных компонентов накапливается и на территориях резервуарных парков автозаправочных станций, полотне дороги.

На данный момент законодательство никак не регулирует предельно допустимые концентрации нефтепродуктов в почве городской среды. Постановления Правительства Российской Федерации от 21.08.2000 № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» и от 15.04.2002 № 240 «О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации» носят лишь рекомендательный характер. Система слежения за выполнением предписанных требований отсутствует.

### ***Рекультивация городских почв***

Главной целью рекультивации, проводимой на территории городов, является сохранение и восстановление земель как природного компонента для обеспечения экологической безопасности городского населения, развития застроенных городских территорий [1]. Учитывая данный факт, восстановление плодородия не является первостепенной задачей, а сельскохозяйственная ценность земель не имеет решающего значения, гораздо важнее восстановить рекреационную, санитарно-гигиеническую и природоохранную функции. В связи с этим необходимо закрепление результатов очистки – проведение фиторемедиации и укрепление формирующейся почвы высадкой зеленых насаждений.

Одними из самых эффективных и экономически менее затратными являются биологические методы рекультивации. В ходе них обычно применяются биопрепараты, обладающие большой сорбционной емкостью. Дополнительное внесение в такие субстраты удобрения способствует активному размножению аутохтонных углеродооксилирующих микроорганизмов. При попадании в загрязненную почву, они способствуют ускорению процессов деструкции нефтепродуктов. Плюсами такого метода являются то, что сорбент прост в использовании, работы по очищению почв проводятся «insitu» и действенны вне зависимости от физико-географических и климатических факторов окружающей среды.

Однако отметим, что на местности не рекомендуется ограничиваться лишь биологическим этапом, особенно при высоких уровнях загрязнения и обширных площадях разлива. Наиболее эффективен комплекс мер, который не игнорирует стадии механического и агротехнического этапов.

### **Фактические материалы и методы исследования**

В данной работе рассмотрен способ, основанный на применении активированного комплексным азотно-фосфорно-калийным удобрением торфа. Целью практической части работы является проверка эффективности использования модифицированного удобрения торфа на микробиологическом этапе рекультивации земель, загрязненных распространенными в урбоэкосистемах поллютантами – бензином и керосином.



На первом этапе исследования проводилась пробоподготовка почв (суглинистые, супесчаные, садовый грунт) и торфа. В торф добавлялось азотно-фосфорно-калиевое удобрение. Затем субстрат был высушен и измельчен для повышения сорбционных свойств.

Выводы об эффективности метода рекультивации делались на основе проверки уровня фитотоксичности по всхожести тестовой культуры – щавеля. В первую очередь, проверялась всхожесть в чистой почве. Все полученные данные фиксировались через три недели после высадки тестовой культуры.

Отметим, что всхожесть проверялась в образцах неактивированного и активированного торфа. Она составила 30 и 45 процентов соответственно. Также активированный торф добавлялся в чистые образцы почвы. В суглинистых и супесчаных почвах добавление привело к повышению всхожести на несколько процентов. Это объясняется тем, что в таких типах почв наблюдается дефицит органического вещества, что проявляется в снижении плодородия. При добавлении торфа недостаток органики был скомпенсирован.

На этапе искусственного загрязнения в одну навеску добавлялся керосин, в другую бензин. Уровень загрязнения максимален и одинаков для всех типов почв – 20 000 мг/кг. Щавель был высажен вновь в загрязненные образцы. Спустя некоторое время в загрязненные образцы был добавлен активированный торф в соотношении почва/торф 4:1. Так как сорбенту необходимо некоторое время для того, чтобы изолировать нефтяные углеводороды, то образцы были оставлены на 2 недели. Затем в образцы была вновь высажена тестовая культура. Полученные результаты представлены на диаграмме 1.

**Диаграмма 1 – Динамика изменения всхожести тестовой культуры в зависимости от типа почвы и степени загрязненности**



Определение массовой концентрации нефтепродуктов основано на их экстракции из образца воздушно-сухой пробы почвы хлороформом. Проводится отделение от полярных соединений методом колоночной хроматографии после замены растворителя на гексан и количественном определении гравиметрическим методом<sup>1</sup>. Полученные данные количественного анализа используются в диаграмме в виде усредненного значения анализа 3-х навесок каждого типа почвы (диаграмма 2).

Уровень фитотоксичности по итогам рекультивации снизился во всех типах почвы. Однако, в образцах, изначально загрязненных бензином, всхожесть в очищенной почве была незначительно выше, чем в образцах, загрязненных керосином. Также прослеживалась тенденция повышения показателей всхожести щавеля в ряду супесь → суглинок → садовый грунт. Это объясняется особой зависимостью: чем больше в почве органического и минерального вещества, тем быстрее происходит разложение углеводородных соединений и тем быстрее почва возвращается в устойчивое состояние за счет внутреннего потенциала к естественному восстановлению.

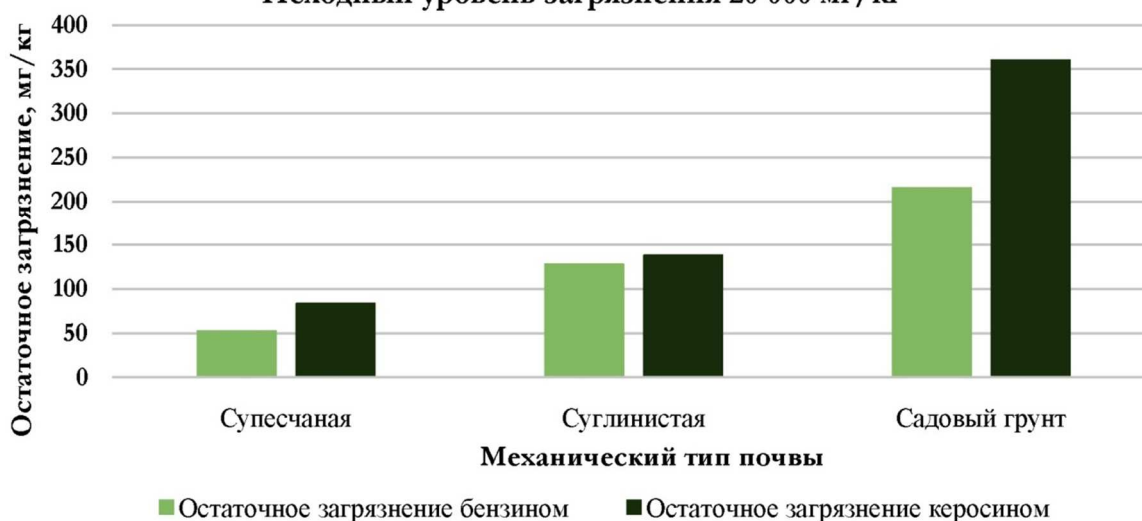
<sup>1</sup> ПНД Ф 16.1.41-04 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом.



Диаграмма 2 – Содержание нефтепродуктов в образцах почвы после проведения микробиологического этапа рекультивации

Остаточное загрязнение нефтепродуктами после проведения работ по очистке (мг/кг).

Исходный уровень загрязнения 20 000 мг/кг



Более низкие показатели всхожести в образцах почвы, загрязненных керосином, объясняются некоторыми физическими особенностями поллютантов. Бензин выделяется из нефти при более низких температурах. Это связано с тем, что углеводородная цепочка бензина короче (от  $C_7$  до  $C_{11}$ ) по сравнению с таковой у керосина (от  $C_{12}$  до  $C_{16}$ ). Таким образом, углеводороды, входящие в состав керосина, являются более тяжелыми и их естественная деструкция в почвах замедлена, что демонстрируют и данные количественного анализа.

Исходя из результатов, представленных на диаграмме, прослеживается тенденция меньшего уровня загрязнения образцов почв, в которых поллютантом выступал бензин. Это объясняется тем, что бензин является нефтепродуктом, который более подвержен естественной деструкции и быстрее испаряется с поверхности почвенного покрова.

Согласно литературным данным, за первые 24 часа при среднесуточных температурах 18–24 °С из нефтяного загрязнения на поверхности почвы испаряется до 75 % бензина, 24 % керосина, 2–18 % сырой нефти и около 0,4 % летучих компонентов мазута [3]. Дальнейшая деструкция нефти происходит преимущественно под действием биологических факторов, продолжительность этой стадии определяется качественными и количественными свойствами почвенных микроорганизмов.

Таким образом, при загрязнении бензином до уровня 20000 мг/кг остаточное загрязнение спустя несколько дней приблизится к уровню 5000–7000 мг/кг. Если ориентироваться на ПДК содержания нефти в почвах, то такое значение превышает норму в 5–7 раз. При загрязнении керосином без проведения работ по рекультивации, с помощью естественных процессов разложения достигается уровень 14000–16000 мг/кг. Эти показатели значительно превышают предписанные нормативы и относятся к категории очень высокого уровня загрязнения. Данные особенности подтверждают необходимость проведения комплекса работ по очистке загрязненной территории.

### Заключение

В ходе выполнения данной работы был проведен ряд опытов, направленный на подтверждение эффективности рекультивации земель, загрязненных нефтепродуктами, при помощи активированного торфа. На основе анализа уровня фитотоксичности по показателям всхожести тестовой культуры делается вывод о том, что методика эффективна. Всхожесть, зафиксированная в очищенных почвах ниже, чем в чистых, но значительно выше, чем в загрязненных.

Данный вывод подтверждается и результатами количественного анализа – уровень остаточного загрязнения гораздо меньше ПДК по нефтепродуктам (<1000 мг/кг).

Из эксперимента вытекает, что особенно важно восстановление почв, которые не обладают достаточным потенциалом к самоочищению. К таким относятся в первую очередь почвы урбоэкосистем. Из-за отсутствия достаточного количества органического вещества, угнетенности углеродооксилирующих микроорганизмов процессы деструкции замедлены, почвенные образования более уязвимы. Не все углеводородные соединения способны испаряться из почвы в первые сутки, а оставшиеся соединения не могут быть быстро деструктурированы угнетенной почвенной микрофлорой.



Для того, чтобы повысить эффективность работ по рекультивации в условиях городской среды необходимо принимать во внимание возможность аварийных разливов нефтепродуктов уже на стадии инженерно-строительных изысканий. Перед строительством потенциально опасного объекта (АЗС, НПЗ) важно дать характеристики целому ряду факторов: фоновым значениям содержаний загрязнителей в почвах, которые в урбозкосистемах выше, чем в естественных ландшафтах; физико-географическим особенностям местности; установить размер санитарно-защитных зон; при возникновении аварийной ситуации учитывать уникальное сочетание «тип почвы – тип загрязнителя».

#### **Литература:**

1. Брыжко В.Г. Восстановление нарушенных земель в условиях крупного города // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 6-1. – 134–138 с.
2. Герасимова М.И. [и др.]. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация : учебное пособие / под редакцией академика РАН Г.В. Добровольского. – Смоленск : Ойкумена, 2003. – 268 с.
3. Основы нефтегазовой геоэкологии : учебное пособие / Пиковский Ю.И., Исмаилов Н.М., Дорохова М.Ф. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2017. – 400 с.

#### **References:**

1. Bryzhko V.G. Restoration of disturbed land in the conditions of a large city // Basic research. – 2016. – № 6-1. – 134–138 p.
2. Gerasimova M.I. [et al.]. Anthropogenic soils: genesis, geography, reclamation : textbook / under the editorship of G.V. Dobrovolsky, academician of RAS. – Smolensk : Oikumenskaya, 2003. – 268 с.
3. Basics of oil and gas geo-ecology : study guide / Pikovsky, Y.I., Ismailov N.M., Dorokhova M.F. – M. : RESEARCH CENTER INFRA-M, 2017. – 400 p.