

УДК 631.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.273>

Оценка гидрофобных свойств нефтезагрязнённых почв методом водяного пятна (метод «Water Spot»)

© 2024 М. В. Гаршин ^{1,4}, Л. А. Храмова ^{2,4}, Р. Р. Сулейманов ^{1,3}

¹Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, проспект Октября, 69, г. Уфа, 450054, Россия. E-mail: garshin.mixail@yandex.ru

²Уфимский Институт химии – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, проспект Октября, 71, г. Уфа, 450054, Россия. E-mail: khramtsovala@mail.ru

³ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», ул. Заки Валиди, 32, г. Уфа, 450076, Россия. E-mail: soils@mail.ru

⁴ООО «РН-БашНИПИнефть», ул. Ленина, 86/1, г. Уфа, 450006, Россия.

Цель исследования. Оценить степень гидрофобности нефтезагрязнённых почв методом водяного пятна (метод «Water Spot»).

Место и время проведения. Исследования проводили в 2024 году в лабораторных условиях с чернозёмом типичным и серой лесной почвой.

Методы. В просеянные и высушенные почвенные образцы добавляли нефть для достижения выбранного уровня концентрации (0, 0,2, 0,5, 1, 3 и 5% по массе), а также гексан и воду для уменьшения вязкости повышения влажности почвы, соответственно. После двух суток инкубации почвы в закрытом состоянии наносили раствор флуоресцеина натрия, и результат фотографировали в тёмном месте при свете ультрафиолетового светодиодного фонаря. Для определения эффективности хитозана (как природного сорбента) во второй серии экспериментов, проведённой по аналогичной первой серии схеме, наносили на образцы раствор хитозана, и инкубировали ещё двое суток для проявления действия хитозана на поверхности почвы. Результаты обрабатывали при помощи пакета программ CoreIDRAW и пакета анализа в Microsoft Excel.

Основные результаты. При нефтяном загрязнении почв, как правило, отмечается нарушение водного режима. При повышении концентрации нефтепродуктов от 0,5 до 5% в почве происходит снижение впитывающей способности, которое проявляется в уменьшении площади водяного пятна на поверхности почвы. После обработки загрязнённых нефтепродуктами почвенных образцов 0,1% раствором хитозана площадь водяного пятна увеличивается на серой лесной почве в среднем на 43%, на чернозёме типичном – на 6%. При увеличении концентрации раствора хитозана в два раза площадь водяного пятна увеличивается на серой лесной почве в среднем на 48%, на чернозёме типичном – на 46%. Таким образом, раствор хитозана можно использовать в качестве сорбента при загрязнении почв нефтепродуктами.

Заключение. Метод водяного пятна (метод «Water Spot») применим, прост и может использоваться при оценке загрязнённости почв нефтепродуктами: при увеличении степени загрязнённости наблюдается уменьшение площади водяного пятна на почве.

Ключевые слова: загрязнение нефтью; гидрофобность почв; хитозан; буферные свойства.

Цитирование: Гаршин М.В., Храмова Л.А., Сулейманов Р.Р. Оценка гидрофобных свойств нефтезагрязнённых почв методом водяного пятна (метод «Water Spot») // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 4. e273. DOI: [10.31251/pos.v7i4.273](https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.273)

ВВЕДЕНИЕ

Все элементы биосферы (гидросфера, литосфера, атмосфера, педосфера и антропосфера) находятся в тесной взаимосвязи и при негативном влиянии на одну из сфер, возможны изменения во всей биосфере. Так, например, при загрязнении почв нефтью, возможно проявление ее гидрофобизации, что оказывает влияние на характер и равномерность увлажнения, испарение, сток, транспорт веществ, фильтрационную способность, а также доступность воды для растений (Dekker, Ritsema, 1994; Smettem et al., 2021; Popovic, Cerda, 2023).

Впрочем, водоотталкивающие свойства почв изучены недостаточно. Например, образование и накопление органических соединений на почвенных частицах в настоящее время широко известно, но их точный химический состав и способы прикрепления к поверхности частиц нуждаются в дополнительном изучении. Было установлено, что временный характер гидрофобных свойств связан,

в основном, с колебаниями влажности почвы. Выявление и разделения различных эффектов гидрофобных слоев, оценка их геоморфологического воздействия на поверхностный и подземный поток воды проводятся начиная с конца восьмидесятих годов двадцатого века. Установлено, что на эти эффекты влияют такие переменные, как частота и эффективность путей потока через гидрофобные слои, а также их положение и переходное поведение. В литературе отмечается роль водоотталкивающих свойств в развитии эрозии почвы и указывается, что они могут способствовать отделению дождевых брызг и потере почвы не только с водой, но и с ветром (Doerg et al., 2000).

На сегодняшний день разработано немало методов для определения гидрофобности почв, например, предложен WDPT-test, в основе которого лежит определение продолжительности диффузии капли воды в образец почвы (Dekker, Ritsema, 1994) – чем дольше капля проникает в образец, тем более гидрофобной является почва. Метод молярности (MED-test) водно-этаноловых капель (King, 1981) соответствует вышеуказанному методу, но в нём применяется водно-спиртовой раствор. Помимо этого, для определения и оценки гидрофобности почв используются метод определения краевого угла смачивания или метод «сидячей капли» (Leelamanie et al., 2008), а также метод подъёма капиллярной каймы (Zhang, Pei, 2020). Перечисленные методы созданы для исследования разных типов почв, не подвергнутых загрязнению нефтепродуктами, а простых и точных методов, которые позволяют оценить гидрофобность нефтезагрязнённых почв, на данный момент не существует (Потапов, 2022).

Цель работы – оценить степень гидрофобности нефтезагрязнённых почв методом водяного пятна, известный ещё как метод «Water Spot» (далее – метод «Water Spot»).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в 2024 году в лабораторных условиях с чернозёмом типичным и серой лесной почвой (Классификация ..., 1977). Почвенный образец серой лесной почвы характеризуется нейтральной кислотностью; ёмкость катионного обмена составляет 26,9 ммоль (экв)/100 г, степень насыщенности основаниями – 79,1%, сумма фракций менее 0,01 мм – 28,7%, содержание гумуса – 2,8%; полная влагоёмкость – 49%. Почвенный образец чернозема типичного характеризуется нейтральной кислотностью; ёмкость катионного обмена составляет 56,3 ммоль (экв)/100 г, степень насыщенности основаниями – 92,0%, сумма фракций менее 0,01 мм – 70,8%, содержание гумуса – 7,5%; полная влагоёмкость – 56%.

Почвенные образцы доводили до воздушно-сухого состояния, измельчали на грунтовой мельнице МГ-1Ф и просеивали через сито с размером ячеек 2 мм. В чашке Петри диаметром $d = 90$ мм взвешивали необходимую расчётную массу нефти, которую определяли исходя из выбранного процента загрязнённости почвы (0, 0,2, 0,5, 1, 3 и 5%). Для уменьшения вязкости нефти добавляли 1 мл гексана, а также дистиллированную воду весовым методом для создания влажности почвы 20%. Затем в чашку Петри помещали навеску исследуемой почвы. После добавления всех компонентов тщательно перемешивали образовавшуюся массу, распределяли по всей поверхности чашки Петри ровным слоем и утрамбовывали цилиндрическим грузом 1 кг с прямым дном. Накрывали другой чашкой Петри, герметизировали полиэтиленом и выдерживали сутки для равномерного распределения загрязнения и влаги по всей площади образца.

После двух суток выдержки почвы в закрытом состоянии, на образец при помощи градуированной пипетки капали водный раствор флуоресцеина натрия с концентрацией 2 г/л в три точки для более точной фиксации границ капель. Объём, приходящийся на одну точку, составлял 0,3 мл. Результат фотографировали в тёмном месте, при свете ультрафиолетового светодиодного фонаря (рис. 1, 2).

Для апробации разрабатываемого метода «Water Spot» было решено провести вторую серию экспериментов, а именно использовать данный метод для определения степени гидрофобности почв после хемосорбции нефтепродуктов раствором хитозана, а также дополнительно проверить эффективность хитозана как природного сорбента. Положительными качествами сорбционной обработки загрязнённых сред природными сорбентами являются довольно высокий уровень очистки и экологическая безопасность (Гибадуллина и др., 2023).

Согласно литературным данным (Кокорина и др., 2013), хитозан – это природный сорбент, который может быть использован для очистки нефтезагрязнённых почв. Он обладает свойством набухать в органических средах и стойко удерживать в своей структуре растворитель, а также растворенные в нём вещества, тем самым снижая гидрофобность почвы. Сорбционный потенциал данного экологически безопасного природного сорбента определён присутствием в его

макромолекуле свободных аминогрупп, с помощью которых образуются надмолекулярные комплексы с органическими соединениями.

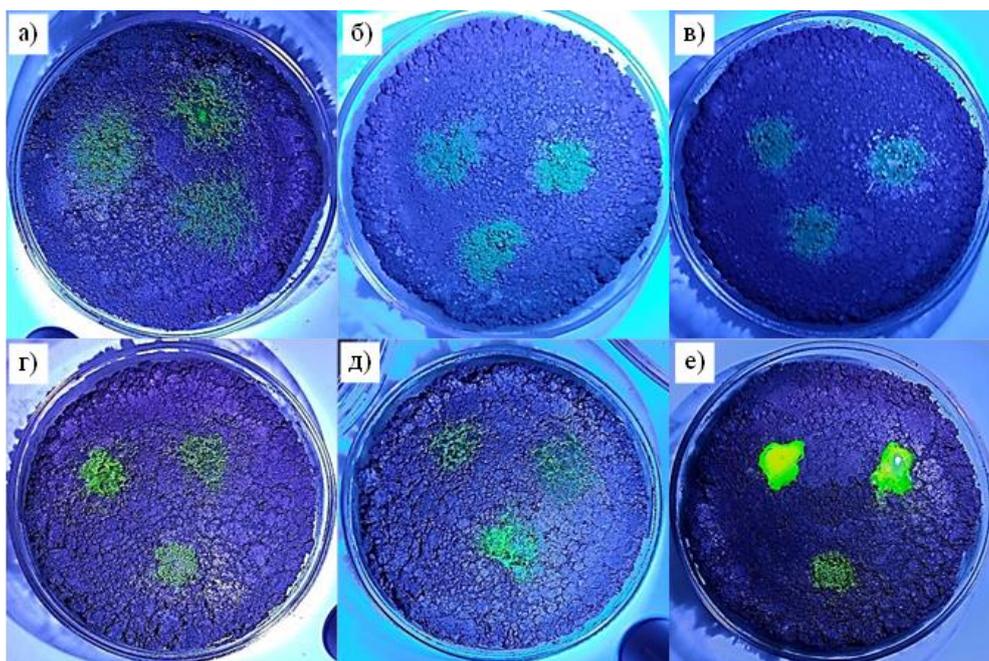


Рисунок 1. Фотографии исследования гидрофобности чернозёма типичного методом «Water Spot» в зависимости от загрязнённости. Степень загрязнения почвы нефтепродуктами в процентах (здесь и на рис. 2): а) – 0; б) – 0,2; в) – 0,5; г) – 1; д) – 3; е) – 5.

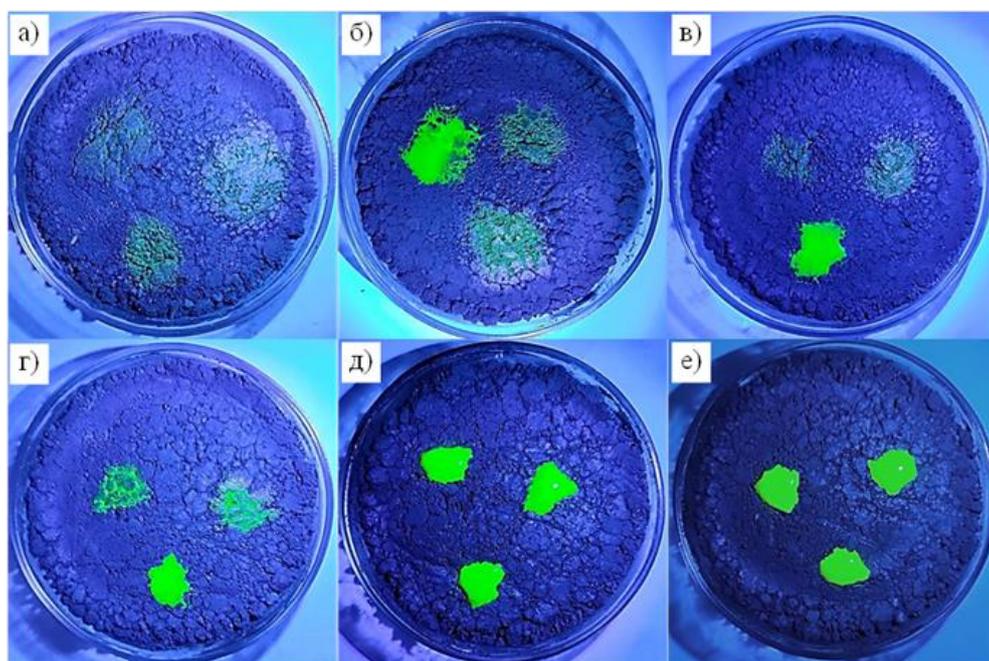


Рисунок 2. Фотографии исследования гидрофобности серой лесной почвы методом «Water Spot» в зависимости от загрязнённости нефтепродуктами.

Аналогично первому эксперименту загрязняли нефтью почвенные образцы определённой влажности, выдерживали сутки. После этого наносили на образцы раствор хитозана в уксусной кислоте в двух концентрациях – 0,1 и 0,2%, выдерживали ещё двое суток для проявления действия хитозана на поверхности почвы. Затем наносили раствор флуоресцина натрия и фиксировали на фото площадь образовавшегося водяного пятна. Результаты обрабатывали при помощи пакета программ CoreIDRAW и пакета анализа в Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метод «Water Spot» для оценки гидрофобных свойств нефтезагрязнённых почв является модификацией ранее созданного метода продолжительности диффузии воды в почву (Dekker, Ritsema, 1994). Основным отличием от данного метода является фиксация результата не по времени диффузии воды в почву, а по средней площади пятна воды на почве. После растекания и диффузии капли воды пятно будет слабозаметным и для решения этой проблемы применяется раствор флуоресцеина натрия в концентрации 2 г/л, который окрашивает капли в зелёный цвет при воздействии ультрафиолетового излучения, что позволяет точно выделять полученные пятна. Эти водяные пятна фотографировали и определяли их площадь посредством сканирования изображения в CorelDRAW, что позволяло получать результат до десятитысячных значений.

Метод обеспечивает оценку гидрофильных и гидрофобных свойств почв в большом спектре показателя влажности. Погрешность измерения данным методом при трёхкратной повторности не превышает 20% (Потапов, 2022). Полученные данные не противоречат существующим описанным представлениям о гидрофобности почв (Милановский, 2009).

На увеличение сорбционной способности повлияло внесение раствора хитозана, что вызвано не только его физико-химическими свойствами, но и тем, что он аналогичен по составу обычным органическим соединениям почв (Кокорина и др., 2013). Хитозан имеет высокую прикладную ценность, обеспечивая новую стратегию биоремедиации загрязнённой нефтью почвы; кроме того, хитозан является носителем иммобилизованных микроорганизмов, что позволяет повышать естественную рекультивацию почти в два раза (Liu et al., 2023).

Исследования показали (рис. 3), что при внесении 0,1% раствора хитозана и выдерживании в течение двух суток на загрязнённой нефтепродуктами серой лесной почве наблюдается увеличение площади водяного пятна в среднем на 43%; на чернозёме типичном отмечается незначительный эффект – площадь пятна возросла на 6%. При увеличении концентрации хитозана до 0,2% эффект от его внесения значительно проявляется на обеих почвах: на серой лесной почве площадь водяного пятна увеличивается в среднем на 48%, на чернозёме типичном – на 46%. Таким образом, раствор хитозана можно использовать в качестве сорбента при загрязнении почв нефтепродуктами.

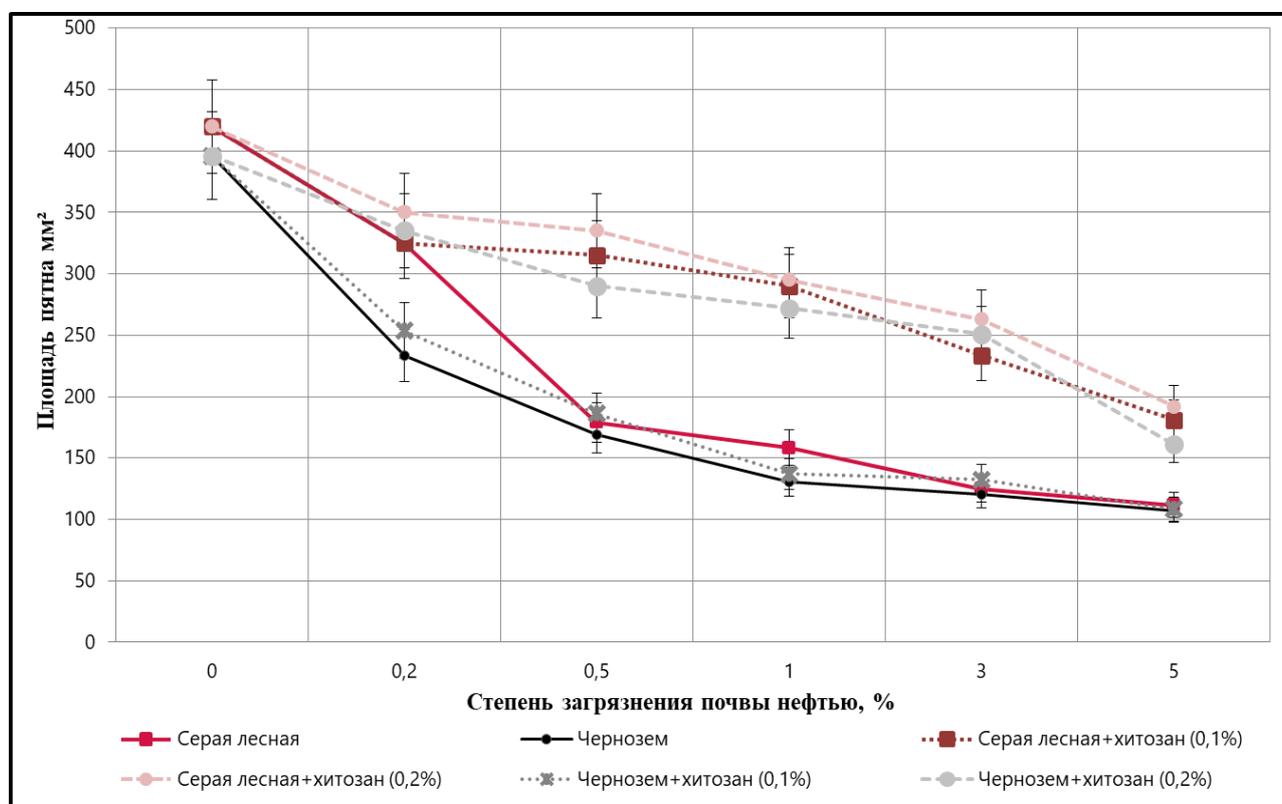


Рисунок 3. Динамика изменения площади водяного пятна на поверхности почвы в зависимости от концентрации нефтепродуктов с использованием 0,1 и 0,2% раствора хитозана. Вертикальные планки погрешности представляют собой стандартное отклонение.

Факторами, влияющими на результат определения, являются: концентрация раствора хитозана в уксусной кислоте и время экспозиции (время нахождения раствора сорбирующего вещества на поверхности образца нефтезагрязнённых почв).

Также, сравнивая большую разницу средней площади пятен между разными почвами, а именно слабую работу сорбента хитозана на чернозёме типичном при 0,1% растворе хитозана, стоит отметить, что количество раствора для всех типов почв было одинаково и большая часть раствора в чернозёме типичном израсходована на сорбцию почвенного органического вещества, а не загрязнителя. В используемом образце чернозёма типичного содержание гумуса больше, чем в серой лесной почве на 4,7%, что и повлияло на данный результат. В то же время, при увеличении концентрации раствора хитозана в два раза этого сорбента хватает и для загрязнителя, и для органического вещества почвы (Кокорина и др., 2013; Кастерина, Околелова, 2015). Следовательно, для лучшего эффекта требуется разработка подбора концентраций раствора хитозана для разных типов почв.

Следует подчеркнуть, что на получаемые результаты в большой степени оказывают влияние буферные свойства почв, обеспечивая разные варианты и особенности взаимодействия химических элементов в почве; с ними связана и подвижность различных соединений, в том числе токсичных для растений (Надточий, Мыслыва, 2014; Назырова, Гарипов, 2016, 2017).

Буферные свойства чернозёма типичного выше, чем у серой лесной почвы, а при загрязнении почв нефтью, как правило, происходит значительное уменьшение буферной способности почв в кислом интервале (Сулейманов, Назырова, 2007; Сулейманов и др., 2008, 2021).

По результатам исследования у серых лесных почв, обладающих более низкой буферной емкостью по сравнению с чернозёмом типичным, при нефтяном загрязнении устойчивость снижается ещё сильнее (Сулейманов, Назырова, 2007; Сулейманов и др., 2008). Кроме того, в серых лесных почв содержание гумуса меньше в сравнении с чернозёмом типичным, что позволяет раствору хитозана сорбировать органический загрязнитель, отчего увеличивается площадь водяного пятна и уменьшается гидрофобность. У чернозёма типичного, напротив, несмотря на то что почва была загрязнена нефтью с последующим добавлением раствора хитозана в уксусной кислоте, буферные свойства, вероятнее всего, не снизились, а большее количество гумуса привело к минимальным изменениям гидрофобности после добавления сорбента. Однако при увеличении концентрации раствора хитозана, сорбента хватает и на связывание с почвенным органическим веществом, и на сорбцию загрязнителя.

ВЫВОДЫ

1. При повышении концентрации нефтепродуктов от 0,5 до 5% в почве происходит снижение впитывающей способности, которое проявляется в уменьшении площади водяного пятна на поверхности почвы. Полученные данные по использованию метода «Water Spot» на чернозёме типичном и серой лесной почве соответствуют существующим представлениям о гидрофобности почв.

2. После обработки загрязнённых нефтепродуктами почвенных образцов 0,1% раствором хитозана площадь водяного пятна увеличивается на серой лесной почве в среднем на 43%, на чернозёме типичном – на 6%. Данные результаты показывают эффективность метода «Water Spot» для оценки гидрофобных свойств нефтезагрязнённых почв.

3. На серых лесных почвах, в связи с невысоким содержанием гумуса, при загрязнении нефтепродуктами хитозан активнее сорбирует органический загрязнитель, что увеличивает площадь водяного пятна и уменьшает гидрофобность. В чернозёме типичном содержание гумуса значительно больше в сравнении с серой лесной почвой, что сказывается при его обработке 0,1% раствором хитозана – изменения гидрофобности загрязнённой нефтью почвы после добавления сорбента минимальны. Однако при увеличении концентрации хитозана до 0,2%, происходит сорбция не только органического вещества почвы, но и её органического загрязнителя, что приводит к существенному уменьшению гидрофобности чернозёма. Таким образом, раствор хитозана можно использовать в качестве сорбента при загрязнении почв нефтепродуктами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований выявлено, что метод водяного пятна (метод «Water Spot») применим, прост и может использоваться при оценке загрязнённости почв нефтепродуктами: при увеличении степени загрязнённости наблюдается уменьшение площади водяного пятна на поверхности почвы.

ЛИТЕРАТУРА

- Гибадуллина Н.Н., Бадамшин А.Г., Сунагатова Э.М., Губа А.С. Экологически безопасный сорбент для ликвидации последствий разлива нефти // Химическая безопасность. 2023. Том 7. № 1. С. 103–115. <https://doi.org/10.25514/CHS.2023.1.24008>
- Кастерина Н.Г., Околелова А.А. Детоксикация нефтезагрязненных почв хитозаном и его трансформация // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. 5. No. 3. P. 286–297. <https://doi.org/10.13187/bgt.2015.5.286>
- Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розова, В.А. Носин, Т.А. Фриев. Москва: Колос, 1977. 224 с.
- Кокорина Н.Г., Околелова А.А., Голованчиков А.Б. Новый способ детоксикации нефтезагрязненных почв хитозаном // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1516–1522. <https://doi.org/10.7868/S0032180X1312006X>
- Милановский Е.Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения. Москва: ГЕОС, 2009. 186 с.
- Назырова Ф.И., Гарипов Т.Т. Кислотно-основная буферность типичных и выщелоченных черноземов предуралья при различной степени их эродированности // Аграрный научный журнал. 2016. № 12. С. 23–27.
- Назырова Ф.И., Гарипов Т.Т. Изменение буферных свойств почв в зависимости от их использования // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. № 3–1. С. 180–183.
- Надточий П.П., Мыслыва Т.Н. Эталонные величины кислотно-основной буферности дерново-подзолистых почв для фонового мониторинга // Агрохимия. 2014. № 3. С. 83–89.
- Потапов Д.И. Влияние влажности на гидрофильно-гидрофобные свойства почв различных типов // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2022. Том 18. № 1. С.17–22.
- Сулейманов Р.Р., Назырова Ф.И. Изменение буферности почв при загрязнении нефтепромысловыми водами и сырой нефтью // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. Том 68. № 4. С. 133–139.
- Сулейманов Р.Р., Назырова Ф.И., Габбасова И.М. Изменение физико-химических свойств чернозема типичного в условиях загрязнения нефтепромысловыми сточными водами и рекультивации // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. Том 91. № 9. С. 167–173.
- Сулейманов А.Р., Назырова Ф.И., Гарипов Т.Т., Сулейманов Р.Р., Адельмурзина И.Ф., Габбасова И.М. Влияние водной и ветровой эрозии на буферные свойства почв степных районов Республики Башкортостан // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 41–45. <https://doi.org/10.31857/S2500262721050082>
- Dekker L. W., Ritsema C. J. How water moves in a water repellent sandy soil: 1. Potential and actual water repellency // Water Resources Research. 1994. Vol. 30. No. 9. P. 2507–2517. <https://doi.org/10.1029/94WR00749>
- Doerr S.H., Shakesby R.A., Walsh R.P.D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydrogeomorphological significance // Earth-Science Reviews. 2000. Vol. 51. No. 1–4. P. 33–65. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00011-8)
- King P.M. Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement // Soil Research. 1981. Vol. 19. No. 3. P. 275–285. <https://doi.org/10.1071/SR9810275>
- Leelamanie D.A.L., Karube J., Yoshida A. Characterizing water repellency indices: Contact angle and water drop penetration time of hydrophobized sand // Soil Science and Plant Nutrition. 2008. Vol. 54. No. 2. P. 179–187. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00232.x>
- Popovic Z., Cerda A. Soil water repellency and plant cover: A state-of-knowledge review // Catena. 2023. Vol. 229. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107213>
- Smettem K.R.J., Rye C., Henry D.J., Sochacki S.J., Harper R.J. Soil water repellency and the five spheres of influence: A review of mechanisms, measurement and ecological implications // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147429>
- Liu Q., Wang Y., Sun S., Tang F., Chen H., Chen S., Zhao Ch., Li L. A novel chitosan-biochar immobilized microorganism strategy to enhance bioremediation of crude oil in soil // Chemosphere. 2023. Vol. 313. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137367>
- Zhang S., Pei H. Rate of capillary rise in quartz nanochannels considering the dynamic contact angle by using molecular dynamics // Powder Technology. 2020. Vol. 372. P. 477–485. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.06.018>

Поступила в редакцию 07.06.2024

Принята 28.10.2024

Сведения об авторах:

Гаршин Михаил Владимирович – аспирант лаборатории почвоведения Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН; ведущий инженер отдела экологических изысканий общества с ограниченной ответственностью «РН-БашНИПИнефть» (г. Уфа, Россия); garshin.mixail@yandex.ru

Храмцова Людмила Александровна – аспирант лаборатории электрохимии Уфимского Института химии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН; старший инженер лаборатории геотехнических и экологических исследований общества с ограниченной ответственностью «РН-БашНИПИнефть» (г. Уфа, Россия); khramtsovala@mail.ru

Сулейманов Руслан Римович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории почвоведения Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН; профессор Уфимского университета науки и технологий (г. Уфа, Россия); soils@mail.ru

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Assessment of hydrophobic properties of oil-contaminated soils using the «Water Spot» method

© 2024 M. V. Garshin ^{1,4}, L. A. Khramtsova ^{2,4}, R. R. Suleimanov ^{1,3}

¹Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, October Avenue, 69, Ufa, 450054, Russia. E-mail: garshin.mixail@yandex.ru

²Ufa Institute of Chemistry – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, October Avenue, 71, Ufa, 450054, Russia. E-mail: khramtsovala@mail.ru

³Ufa University of Science and Technology, Zaki Validi, 32, Ufa, 450076, Russia. E-mail: soils@mail.ru

⁴Limited liability company “RN-BashNIPIneft”, Lenina str., 86/1, Ufa, 450006, Russia.

The aim of the study was to assess the hydrophobicity degree of oil-contaminated soils using the Water Spot method.

Location and time of the study. The study was carried out in 2024 in laboratory conditions with typical chernozem and gray forest soil.

Methods. The sieved (2 mm, air-dried and milled soil samples were amended with oil in amounts needed to establish the chosen concentration (0, 0.2, 0.5, 1, 3 and 5% on the mass basis). Then hexane and distilled water were added to reduce oil viscosity and increase soil moisture, respectively. After two days of incubating soil, sodium fluorescein solution was added onto the sample surface to visualize spot boundaries. The images were taken in a dark place under the ultraviolet light.

To determine the effectiveness of chitosan (as a natural sorbent), a second series of experiments was performed in the same setup, but with chitosan addition, followed with two days incubation. Sodium fluorescein was then applied, and the area of the resulting spot was imaged. The resulted images were processed using the CorelDRAW software and the Microsoft Excel analysis package.

Results. Oil contamination of soils usually disturbs the water regime. Increase in petroleum products content from 0.5 to 5% leads to decrease in absorbency and the area of the water spot on the soil surface. After treating the contaminated soil samples with 0.1% chitosan solution, the water spot area increased on average by 43% on the gray forest soil, and by 6% on typical chernozem. With a twofold increase in the concentration of chitosan solution, the water spot area increased on the gray forest soil by an average of 48% and by 46% on typical chernozem. Thus chitosan solution can be used as a sorbent when soil is contaminated with oil products.

Conclusions. The water spot method is reproducible, simple, and can be used to assess soil contamination with petroleum products. The results show that with an increase in the degree of pollution, a decrease in the area of the water spot on the soil is observed.

Keywords: oil contamination; soil hydrophobicity; chitosan; buffer properties.

How to cite: Garshin M.V., Khramtsova L.A., Suleymanov R.R. Assessment of hydrophobic properties of oil-contaminated soils using the Water Spot method. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(4). e273. DOI: [10.31251/pos.v7i4.273](https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.273) (in Russian with English abstract).

REFERENCES

- Gibadullina N.N., Badamshin A.G., Sunagatova E.M., Guba A.S. Environmentally friendly sorbent for oil spill response. *Chemical Safety Science*. 2023. Vol. 7. No. 1. P. 103–115. (in Russian). <https://doi.org/10.25514/CHS.2023.1.24008>
- Kasterina N.G., Okolelova A.A. Chitosan as a Detoxicant for Oil Contaminated Soils and Its Transformations. *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. 5. No. 3. P. 286–297. <https://doi.org/10.13187/bgt.2015.5.286>
- Classification and diagnostics of soils of the USSR / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozova, V.A. Nosin, T.A. Frieв. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).
- Kokorina N.G., Okolelova A.A., Golovanchikov A.B. A new method of detoxification of oily soils with chitosan. *Pochvovedenie*. 2013. No. 12. P. 1516–1522. (in Russian). <https://doi.org/10.7868/S0032180X1312006X>
- Milanovsky E.Yu. Soil humus substances as natural hydrophobic-hydrophilic compounds. Moscow: GEOS, 2009. 186 p. (in Russian).
- Nazirova F.I., Garipov T.T. The acid-base buffering of typical and leached chernozems of pre-urals at varying degrees of their erosion. *The Agrarian Scientific Journal*. 2016. No. 12. P. 23–27. (in Russian).
- Nazirova F.I., Garipov T.T. Change of soil buffer properties depending on their using. *Izvestiya Ufimskogo Nauchnogo Tsentra RAN*. 2017. No. 3–1. P. 180–183. (in Russian).
- Nadtochy P.P., Myslyva T.N. Standard values of acid-basic buffering capacity of soddy-podzolic soils for background monitoring. *Agrokhimia*. 2014. No. 3. P. 83–89. (in Russian).
- Potapov D.I. The influence of humidity on the hydrophobic properties of various types of soils. *The North Caucasus Ecological Herald*. 2022. Vol. 18. No. 1. P. 17–22. (in Russian).
- Suleymanov R.R., Nazyrova F.I. Change in soil buffering due to oilfield water and crude oil pollution. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2007. Vol. 68. No. 4. P. 133–139. (in Russian).
- Suleymanov R.R., Nazyrova F.I., Gabbasova I.M. Change in physical and chemical properties of chernozem typical of oilfield wastewater pollution and reclamation. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2008. Vol. 91. No. 9. P. 167–173. (in Russian).
- Suleymanov A.R., Nazyrova F.I., Garipov T.T., Suleymanov R.R., Adelmurzina I.F., Gabbasova I.M. Water and wind erosion influence on buffering capacity of soils of Republic Bashkortostan steppe regions. *Rossiiskaia Selskokhoziaistvennaia Nauka*. 2021. No. 5. P. 41–45. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500262721050082>
- Dekker L.W., Ritsema C.J. How water moves in a water repellent sandy soil: 1. Potential and actual water repellency. *Water Resources Research*. 1994. Vol. 30. No. 9. P. 2507–2517. <https://doi.org/10.1029/94WR00749>
- Doerr S.H., Shakesby R.A., Walsh R.P.D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydrogeomorphological significance. *Earth-Science Reviews*. 2000. Vol. 51. No. 1–4. P. 33–65. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00011-8)
- King P.M. Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement. *Soil Research*. 1981. Vol. 19. No. 3. P. 275–285. <https://doi.org/10.1071/SR9810275>
- Leelamanie D.A.L., Karube J., Yoshida A. Characterizing water repellency indices: Contact angle and water drop penetration time of hydrophobized sand. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2008. Vol. 54. No. 2. P. 179–187. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00232.x>
- Popovic Z., Cerda A. Soil water repellency and plant cover: A state-of-knowledge review. *Catena*. 2023. Vol. 229. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107213>
- Smettem K.R.J., Rye C., Henry D.J., Sochacki S.J., Harper R.J. Soil water repellency and the five spheres of influence: A review of mechanisms, measurement and ecological implications. *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147429>
- Liu Q., Wang Y., Sun S., Tang F., Chen H., Chen S., Zhao Ch., Li L. A novel chitosan-biochar immobilized microorganism strategy to enhance bioremediation of crude oil in soil. *Chemosphere*. 2023. Vol. 313. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137367>

Zhang S., Pei H. Rate of capillary rise in quartz nanochannels considering the dynamic contact angle by using molecular dynamics. Powder Technology. 2020. Vol. 372. P. 477–485. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.06.018>

Received 07 June 2024

Accepted 28 October 2024

Published 28 October 2024

About the authors:

Mikhail V. Garshin – Graduate Student of the Laboratory of Soil Science of the Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences; Lead Engineer of the Environmental Survey Department, LLC “RN-BashNIPIneft” (Ufa, Russia); garshin.mixail@yandex.ru

Lyudmila A. Khramtsova – Graduate Student of the Electrochemistry Laboratory of the Ufa Institute of Chemistry – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences; Senior Engineer, Geotechnical and Environmental Research Laboratory, LLC “RN-BashNIPIneft” (Ufa, Russia); khramtsovala@mail.ru

Ruslan R. Suleymanov – Doctor of Biological Sciences, Principal Researcher of the Laboratory of Soil Science Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences; Professor of the Ufa University of Science and Technology (Ufa, Russia); soils@mail.ru

The authors read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)