

**ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ  
ПОЧВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕФТЕРАЗРУШАЮЩЕГО  
АЛКАНОТРОФНОГО БИОПРЕПАРАТА DOP-UNI**

*М. Б. Рюмин*

Иркутский государственный университет Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Карла  
Маркса, д. 1 E-mail: [maksim.ryumin@mail.ru](mailto:maksim.ryumin@mail.ru)

**Аннотация**

В статье показано, что загрязнение нефтью и дизельным топливом серых лесных почв привело к снижению капиллярной влагоемкости и гигроскопической влажности. В результате внесения микробного препарата «DOP-UNI» эти свойства были частично улучшены. Однако их значения оставались ниже, чем в незагрязненных образцах почвы. Полученные материалы позволяют судить о возможности использования микроорганизмов для ремедиации почв при загрязнении нефтепродуктами.

**Ключевые слова:** нефтезагрязнение почв, нефтеокисляющие микроорганизмы, биопрепарат DOP-UNI, нефть, дизельное топливо, капиллярная влагоемкость почв, гигроскопическая влажность почв.

**CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF OIL-POLLUTINATED  
SOILS UNDER THE INFLUENCE OF OIL-DESTRUCTING ALKA-  
NOTROPHIC BIOLOGICAL PREPARATION DOP-UNI**

*M. B. Ryumin*

**Abstract**

The article shows that pollution of gray forest soils with oil and diesel fuel led to a decrease in capillary moisture capacity and hygroscopic humidity. As a result of the introduction of the microbial preparation "DOP-UNI", these properties were partially improved. However, their values remained lower than in uncontaminated soil samples. The obtained materials allow us to judge the possibility of using microorganisms for remediation of soils polluted with petroleum products.

**Keywords:** oil pollution of soils, oil-oxidizing microorganisms, biological product DOP-UNI, oil, diesel fuel, capillary moisture capacity of soils, hygroscopic soil moisture.

**Введение.** Освоение, обустройство и эксплуатация месторождений нефти нередко сопровождается загрязнением земель углеводородами (Замотаев, 2015). Загрязнение почв нефтью нарушает стабильное функционирование экосистем. В результате изменяются физические и химические свойства почвы, активность почвенных ферментов, участвующих в важных биологических процессах. Кроме того, нарушается соотношение биогенных элементов в почве. Все это созда-

ет существенные экологические проблемы. Нефть загрязняет почву, поверхностные и подземные воды, уничтожает растительность и животный мир. В связи с механическим нарушением почвенной структуры и химическим загрязнением нефтепродуктами происходит нанесение ущерба почве (Prabhu, 2017; Abdallah, 2023).

В России и за рубежом используются разнообразные методы очистки почвы от нефтяного загрязнения (ME Ikiriko, 2023; Tang KHD, 2018; Park J, 2021, Нечаев, 2018). Наиболее перспективным способом очистки почв признан биологический метод, включающий в себя применение природных микроорганизмов, а также дрожжей и мицелиальных грибов. Они способны расщеплять и перерабатывать нефтяные углеводороды. Спектр микроорганизмов, участвующих в деструкции углеводородов нефти, включает в себя бактерии родов: *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus*; дрожжи рода: *Candida*; микромицеты: *Fusarium*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Penicillium* (Терещенко, 2002).

Наиболее известными на российском рынке и хорошо зарекомендовавшими себя являются препараты марок «Дестройл», «Деворойл», «Путидойл», а в последние годы – препарат «DOP-UNI» (обновленная торговая марка препарата «Деворойл»).

Оценка эффективности микробного препарата «DOP-UNI» для ремедиации загрязненных почв требует анализа физических свойств до и после обработки их препаратом.

**Материалы и методы.** В качестве материала исследования была принята серая лесная почва, образцы которой отобрали в городской черте на территории Ботанического сада Иркутского государственного университета. Серая лесная почва характеризовалась слабокислой реакцией (рН=6,3) верхней части профиля и нейтральной в нижней (рН=7,0). Биопрепараты DOP-UNI предназначены для биодеградации нефти и нефтепродуктов при загрязнении почв, водоемов и стоков промышленных предприятий. Он представляет собой порошок, состоящий из сухих агрегатов жизнеспособных клеток микроорганизмов, растущих на углеводородах различных классов и некоторых их производных (Лаборатория микробных технологий, 2006). Ассоциация микроорганизмов придает препарату ряд преимуществ перед другими способами биологической очистки: работает в толще нефти и нефтепродуктов; устойчив к резким колебаниям температуры; активен при химическом загрязнении среды; адаптирован к повышенной солености (Лаборатория микробных технологий, 2006).

Для эксперимента использовалась нефть Марковского месторождения Иркутской области и дизельное топливо от компании ООО «СИБТАЙР» г. Ангарск.

В исследовании использовались основные методы и методики почвоведения. Они включали термостатно-весовой метод определения гигроскопической влажности почвы, оценку скорости капиллярного подъема влаги и капиллярной влагоемкости (КВ) (Bandyopadhyay, 2012, ГОСТ 28268-89).

В экспериментальные образцы серой лесной почвы приливали нефть либо дизельное топливо в концентрациях 50, 150 и 300 мл/кг. Образцы почвы навеской по 100 г в трех повторностях распределяли в пластиковые контейнеры объемом 250 мл. В загрязненные почвенные образцы вносили биопрепарат нефтеекисляющих микроорганизмов «DOP-UNI». Все испытуемые пробы экспонировали в пластиковых емкостях в течение 3 недель при разных температурах: 20 и 10 °С, так как хотелось определить, при каких условиях препарат покажет себя лучше. При этом каждые 3 дня проверяли влажность и поддерживали ее на уровне около 60 %. После экспонирования определяли капиллярную влагоемкость и гигроскопическую влажность почвенных образцов. В качестве контроля использовали образцы почвы без добавления нефти и биопрепарата.

**Результаты и обсуждение.** Оценка показателя капиллярной влагоемкости серой лесной почвы производилась по градации Н. А. Качинского, где наилучшей считается 40–50 %, хорошей 30–40 %, удовлетворительной 25–30 %, неудовлетворительной менее 25 % (Качинский, 1965). Показатель капиллярной влагоемкости серой лесной почвы без обработок был равен 62,1 %, что соответствует наилучшей капиллярной влагоемкости. После добавления нефти (50 мл/кг) в исходный образец почвы, данный показатель снизился до 22,6% как при 10°С, так и 20°С, что соответствует неудовлетворительной капиллярной влагоемкости. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» этот показатель повысился и стал равен 29,1 % при 10°С и 30,4 % при 20°С, однако определяемый параметр оставался ниже контрольного образца на 31,6 %.

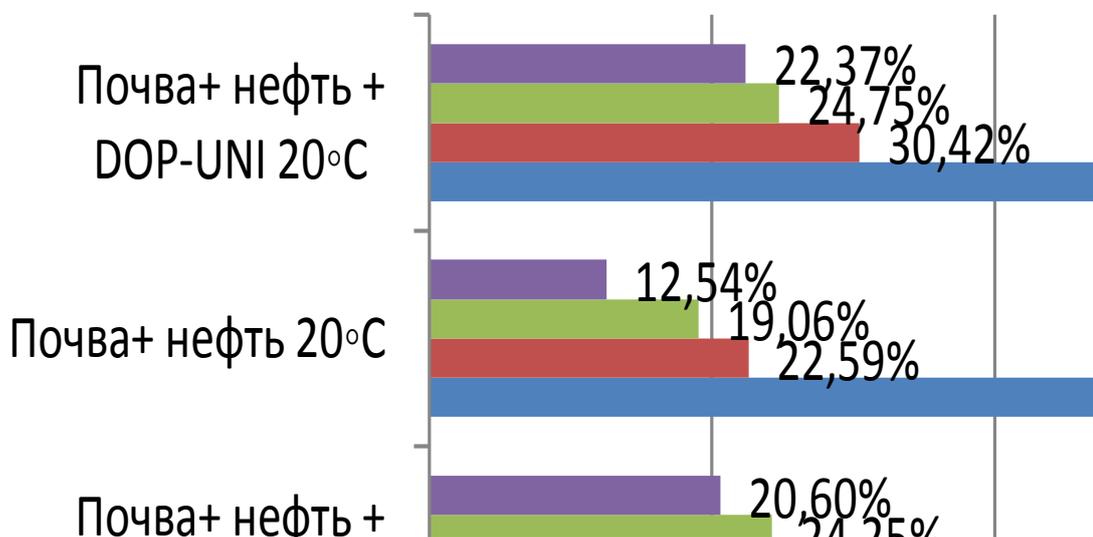
После приливания в исходный образец почвы нефти (150 мл/кг) капиллярная влагоемкость снизилась до 19,1% при 10°С и 20°С, что привело к неудовлетворительной капиллярной влагоемкости. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» показатель повысился и стал равен 24,2 % при 10°С, 24,7 % при 20°С, но все же остался ниже контрольного образца на 37,3 %. Это соответствует неудовлетворительной капиллярной влагоемкости.

После добавления в исходный образец почвы нефти (300 мл/кг) показатель снизился и стал равен 12,5 % при 10°С и 20°С, что соответствует неудовлетворительной капиллярной влагоемкости. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» показатель повысился до 20,6% при 10°С, 22,4% при 20°С, при этом он не достигал значений контрольного образца и был ниже на 39,7 %. Таким образом, показатель капиллярной влагоемкости почвы загрязненной нефтью остался с неудовлетворительным значением (рис. 1).

Параметр капиллярной влагоемкости контрольного образца серой лесной почвы был равен 62,1 %, что соответствует наилучшей капиллярной влагоемкости. После добавления дизельного топлива (50 мл/кг) в исходный образец почвы значение снизилось до 28,3 % при 10°С и 20°С, что соответствует удовлетворительной капиллярной влагоемкости. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» этот показатель повысился до 33,8 % при 10°С, 38,0% при 20°С, но все же остался ниже контрольного образца на 28,2 %.

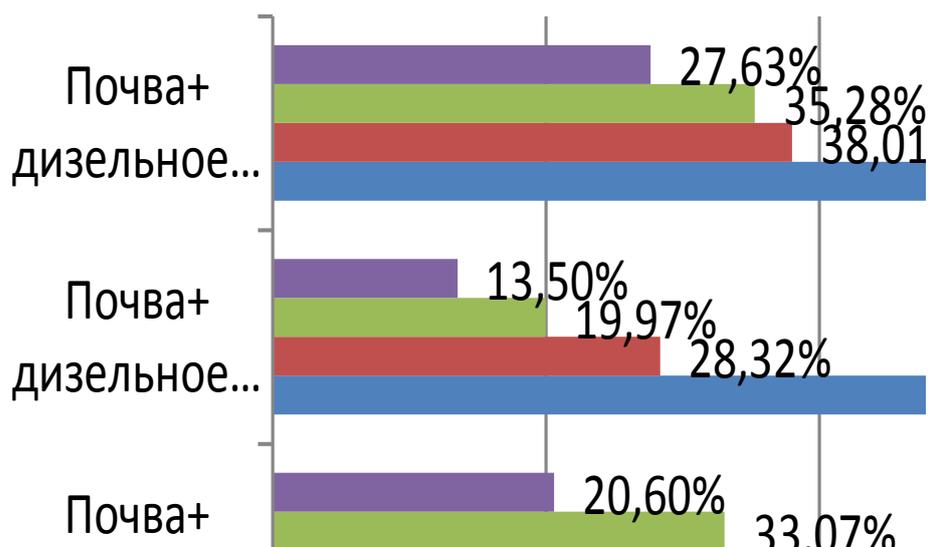
В присутствии дизельного топлива (150 мл/кг) в исходном образце почвы капиллярная влагоемкость уменьшилась и стала 20,0% при 10°С и 20°С. Следо-

вательно, при этой концентрации она оценивалась неудовлетворительной. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» показатель повысился и стал равен 33,0% при 10°C, 35,3% при 20°C, что соответствует хорошей капиллярной влагоемкости. Вместе с тем он оставался ниже значений определяемых в контрольном образце на 26,3%.



**Рисунок 1** – Капиллярная влагоемкость серой лесной почвы, загрязненной нефтью (50, 150 и 300 мл/кг) до и после обработки биопрепаратом при 10°C и 20°C

После внесения дизельного топлива (300 мл/кг) в исходный образец почвы показатель снизился до 13,5% при 10°C и 20°C, получилось, что капиллярная влагоемкость стала неудовлетворительной. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» измеряемый показатель повысился до 28,6% при 10°C, 27,6% при 20°C, капиллярная влагоемкость оставалась удовлетворительной, но все же была ниже показателя контрольного образца на 33,5% (рис. 2).



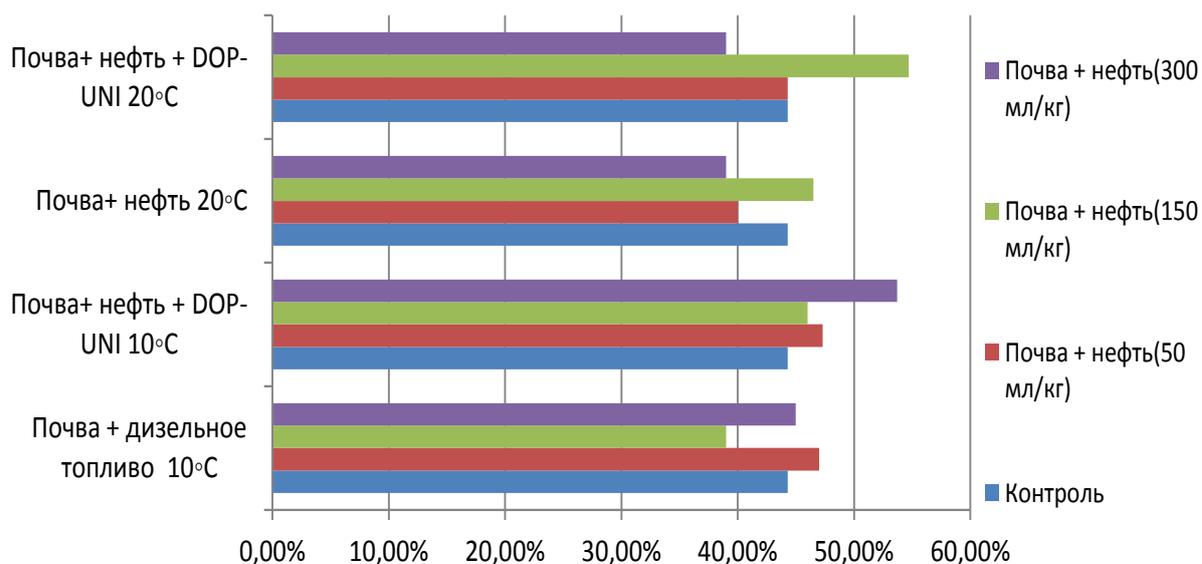
**Рисунок 2** – Капиллярная влагоемкость серой лесной почвы, загрязненной дизельным топливом (50, 150 и 300 мл/кг) до и после обработки биопрепаратом при 10°C и 20°C

Таким образом, после приливания нефти в исходные образцы почвы показатель капиллярной влагоемкости снижался сильнее, чем после обработки дизельным топливом тех же образцов. Биопрепарат «DOP-UNI» вызывал положительное увеличение капиллярной влагоемкости по сравнению с нефтезагрязненными почвенными образцами, однако они оставались ниже исходных.

Гигроскопическая влажность в контрольном образце серой лесной почвы составляла 44,3 %. После добавления нефти (50 мл/кг) в анализируемый образец показатель стал равен 47,0 % при 10°C и 40,0% при 20°C. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» показатель немного повысился до 47,3 % при 10°C и понизился до 44,3 % при 20°C.

После внесения нефти (150 мл/кг) в исходный образец почвы анализируемый показатель стал равен 46,5% при 10°C и 39,0% при 20°C. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» показатель повысился до 54,7% при 10°C и 46,0% при 20°C.

После добавления нефти (300 мл/кг) в исходный образец почвы показатель стал равен 45,0 % при 10°C и 39,0 % при 20°C. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» показатель повысился до 53,7 % при 10°C и 49,0 % при 20°C (рис. 3).

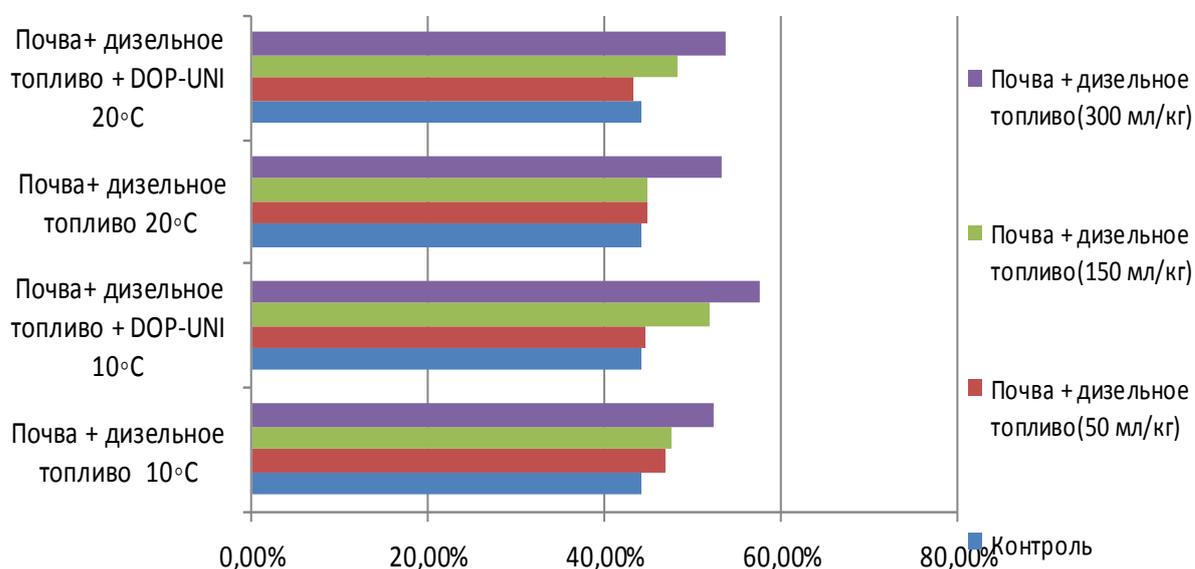


**Рисунок 3** – Гигроскопическая влажность серой лесной почвы, загрязненной нефтью (50, 150 и 300 мл/кг) до и после обработки биопрепаратом при 10°C и 20°C

Гигроскопическая влажность контрольного образца серой лесной почвы составляла 44,3%. После добавления дизельного топлива (50 мл/кг) в исходный образец почвы - 47,0% при 10°C и 45,0% при 20°C. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» гигроскопическая влажность стала 44,6% при 10°C, 48,3% при 20°C.

После добавления дизельного топлива (150 мл/кг) в образец почвы гигроскопическая влажность стала 47,6% при 10°C и 45,0% при 20°C. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» показатель повысился и стал равен 52,0% при 10°C, 48,3% при 20°C.

После добавления дизельного топлива (300 мл/кг) в почвенный образец гигроскопическая влажность стала 52,3% при 10°C и 53,3% при 20°C. При внесении биопрепарата «DOP-UNI» она увеличилась до 57,6% при 10°C, 53,7% при 20°C (рис. 4).



**Рисунок 4** – Гигроскопическая влажность серой лесной почвы, загрязненной дизельным топливом (50,150 и 300 мл/кг) до и после обработки биопрепаратом при 10°C и 20°C

Таким образом, после приливания дизельного топлива в исходные образцы почвы показатель гигроскопической влажности повышался сильнее, чем после обработки нефтью тех же образцов. Биопрепарат «DOP-UNI» также вызывал увеличение гигроскопической влажности, однако на образцах загрязненных дизельным топливом показатель был больше, чем на нефтезагрязненных образцах.

**Заключение.** Обработка нефтезагрязненной почвы биопрепаратом DOP-UNI даже в течение 3 недель приводила к повышению капиллярной влагоемкости и гигроскопической влажности почвы, загрязненной нефтью и дизельным топливом при уровне их содержания до 300 г/кг, а также к снижению (примерно на 20 %) фитотоксичности при уровне нефтезагрязнения до 150 г/кг. При этом экспонирование почвенных образцов, обработанных микробиологическим препаратом, при пониженной (10 °C) температуре не вызывало значимых отличий в изменении анализируемых агрофизических параметров по сравнению с опытом в более теплых условиях (при 20 °C). Это свидетельствует о возможности применения биопрепарата DOP-UNI в условиях пониженных температур на нефтяных базах Восточной Сибири.