

Василеостровского района СПб. Состояние части почв можно оценить как благополучное, однако в ряде точек (№2-4, №7-8, №10, №15-17, №19-20) выявлено снижение значений тест-функций. Это свидетельствует о нарушении функционирования почвенного миробактериоценоза, значительной деградации почв и снижении их продуктивности. Следует рекомендовать проведение мероприятий по реабилитации или полной замене верхних слоев данных почв.

Литература

- Демография: учеб. пособие / А.И. Щербаков, М.Г. Мдинарадзе, А.Д. Назаров, Е.А. Назарова; под общ. ред. д-ра экон. наук, профессора А.И. Щербакова. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 216 с.
- Орлова Е.Е., Бакина Т.А., Орлова.Н.Е., Лабутова.Н.М., Банкин.М.П., Яконен.Л.К. Практикум по агроэкологии: Учеб.пособие. СПб.: Изд-во С.-петерб. Ун-та, 2011.-148с.
- [3] Мощеникова Б.Н. Оценка экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга //дисс. кандидат.биол.наук /Н.Б. Мощеникова – 2011. – 20 с.
- [4] Головкин Э.А. О методах изучения биологической активности торфяных почв//Микробиологические и биохимические исследования почв: Мат.науч. конф. по методам микробиол. и биохим. исследований почв. Киев, 28-31 октября 1971. Киев: Урожай, 1971. С. 68-76.
- [5] Чугунова М.В. Оценка биологического состояния дерново-подзолистой почвы, загрязненной различными дозами нефти /Сб.науч.тр. Гумус и почвообразование. СПб, 2005. С. 191-196.
- [6] Федотов Г.Н., Шоба С.А., Федотова М.Ф., Демин В.В. О возможной природе биологической активности гуминовых веществ // Почвоведение, 2018, №9, с.1099 - 1107.

ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Тимофеева Елена Александровна

*доцент кафедры химии почв факультета
почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова
e-mail: helentimofeeva17@gmail.com*

Молодцова Алина Сергеевна

*студент 4 курса кафедры химии почв
факультета почвоведения МГУ им. М.В.
Ломоносова*

Введение. Нефтезагрязнение является одной из проблем, способных оказать негативное воздействие на развитие сельского хозяйства в республике Башкортостан. При добыче нефти используются нефтепромысловые воды высокой степени минерализации, поэтому загрязнение при утечке стоит рассматривать как комплексное. В рассматриваемых условиях водный обмен и дыхание растений затруднены в связи с блокированием нефтью пор почвенных агрегатов и преобладания осмотического давления почвенного раствора над осмотическим давлением клеток [4,6]. При этом, растения способны интенсифицировать разложение нефти и нефтепродуктов [2].

Нефть также является источником ТМ и одновременно оказывает воздействие на их подвижность [5]. Избыточное поглощение данных компонентов может негативно сказаться на качестве сельскохозяйственной продукции. В число культур, выращиваемых в республике Башкортостан, входят горох посевной (*Pisum sativum*) и пшеница мягкая (*Triticum aestivum*). Для бобовых и злаков свойственно интенсивное поглощение ТМ [3]. По данным причинам

пшеница и горох были выбраны для проведения полевого эксперимента по влиянию загрязнителей на систему почва-растения.

Объекты и Методы. Полевой эксперимент был заложен в 2020 году и длился полгода (в течение вегетационного сезона). Он включал в себя загрязнение чернозема типичного Стерлитамакского района республики Башкортостан *in situ* товарной нефтью и модельным соевым раствором NaCl. В первую очередь песок был загрязнен товарной нефтью до его нефтеемкости и выдерживался в течение 10 суток на открытом воздухе. Затем загрязненный песок запахивали в почву почвы для достижения уровня содержания нефти 2 г/кг и 3 г/кг в пахотном слое. Половину опытных площадок обработали раствором хлорида натрия для достижения концентрации 1 г/кг. Площадки были рандомизированы, размер каждой составлял 2x2 м на расстоянии не менее 1 м. После загрязнения высевали *Triticum aestivum* и *Pisum sativum*, культивирование проводилось в соответствии с принятой агротехникой. По окончании вегетационного периода были отобраны образцы почвы из горизонтов Апах и А1 с глубин 0-10, 10-20 и 20-30 см в трехкратной повторности. В полученных образцах почвы была определена концентрация подвижных форм ТМ (Zn, Cu, Ni, Mn, Cd, Pb, Co) методом ICP-OES с предварительным извлечением ацетатно-аммонийным буфером с pH = 4,8 по ПНДФ 16.1:2.3:3.50-08. Также были отобраны образцы семян растений, в которых было определено содержание ТМ по ГОСТ 30692-2000.

Результаты исследований. Оценка загрязнения нефтью почвы после проведения полевого эксперимента показала, что уровень содержания нефти и нефтепродуктов в среднем уменьшился на $\frac{3}{4}$ от внесенного, и в большинстве вариантов уровень загрязнения был допустимым (не превышал 1000 мг/кг) согласно письму Минприроды России от 27 декабря 1993 г. N 04-25/61-5678, в отдельных случаях соответствовал низкому уровню загрязнения. В среднем слое почвы 10-20 см по окончании вегетационного сезона для ряда металлов во всех вариантах опыта наблюдается аккумуляция нефти (рис. 1). Варианты загрязнения нефтью и нефтепродуктами в содержании 2 и 3 г/кг были объединены из-за отсутствия значимых статистических отличий.

Концентрации подвижных форм ТМ в почве не превышает ПДК по СанПиН 1.2.3685-21. В ряде случаев индивидуального загрязнения нефтью содержание подвижных форм ТМ на уровне фоновых значений. Профильное распределение содержания металлов отражает описанную ранее тенденцию к аккумуляции в среднем слое (рис. 1).

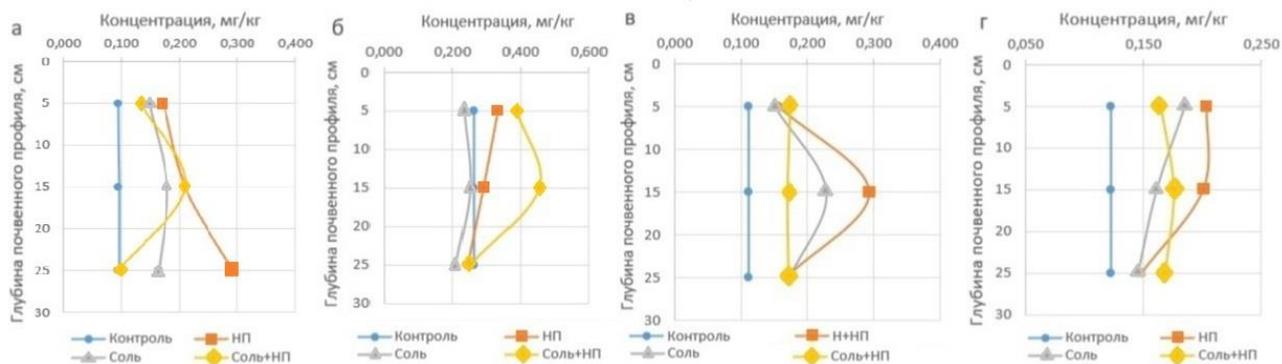


Рисунок 1 - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве под покровом пшеницы (а – хрома, б-меди) и гороха (в-хрома, г-меди).

В вариантах опыта с индивидуальным загрязнением хлоридом натрия наблюдалось повышение концентраций подвижных форм ТМ по сравнению с контролем в среднем в 1,5 раза, что может свидетельствовать о мобилизации ТМ, связанных с почвой в естественных условиях.

При комплексном загрязнении для ряда металлов (рис. а, в) свойственна тенденция к большей мобилизации ТМ по сравнению с индивидуальным загрязнением нефтью. Вместе с тем, встречались варианты с наибольшими концентрациями ТМ при индивидуальном засолении (рис а,б). Содержание подвижных форм ТМ в опыте с пшеницей оказалось для ряда металлов (Cu, Ni) ниже до 2 раз, чем в вариантах опыта с горохом, а для некоторых элементов (Pb, Cd) оказалось ниже предела обнаружения.

Содержание ТМ в зерне пшеницы и бобах гороха в соответствии с «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)» было превышено только для цинка в семенах гороха при уровне загрязнения нефтью и нефтепродуктами 3 г/кг в случае с наличием и отсутствием засоления.

По нашим данным, горох и пшеница имеют тенденцию к накоплению различных металлов. Так, пшеница проявила себя как аккумулятор Cd, Mn, Cu, Zn, Cr. Горох в большей степени аккумулировал Zn и Cr, а также проявили себя как исключитель - не концентрировал Mn и Cd.

Обсуждение результатов. Повышенное содержание нефти и нефтепродуктов в среднем слое 10-20 см может быть связано со снижением уровня загрязнения нефтью в слое 0-10 см под воздействием климатических (атмосферные осадки, температура) и биологических факторов (растительность, деятельность микроорганизмов в корнеобитаемом слое) [6]. Корреляция профильного распределения загрязнителя и содержания подвижных форм ТМ в почве может говорить о нефти как об их источнике или мобилизаторе ТМ, связанных с почвой в естественных условиях. Засоление также повышает содержание металлов в рассматриваемых слоях из-за увеличения ионной силы почвенного раствора [1].

Определение ТМ в почве показало, что выбранные культуры – пшеница и горох – в равной степени эффективно уменьшают содержание подвижных форм ТМ в почве. В ряде случаев пшеница проявляла себя как более интенсивный поглотитель. Результаты определения ТМ в семенах растений подтверждают данную тенденцию. Так, по результатам исследования, пшеница проявила себя как аккумулятор Cd, Mn, Cu, Zn, Cr. Горох в большей степени аккумулировал Zn и Cr, а также проявили себя как исключитель - не концентрировал Mn и Cd. Транслокационный переход тяжелых металлов из почвы в исследуемые культуры имеет следующую тенденцию: ТМ аккумулируются в растении вне зависимости от степени загрязнения почвы в различных комбинациях.

Заключение. Степень загрязнения нефтью и подвижными формами тяжелых металлов соответствует допустимому уровню (нормативам), как и содержание ТМ в семенах пшеницы. Следовательно, растительная продукция пшеницы мягкой яровой отвечает качеству во всех вариантах опыта, при этом качество самой почвы говорит о возможности дальнейшего использования участка с рассмотренным уровнем загрязнения в сельскохозяйственных целях.

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова "Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды".

Литература

- [1] Amrhein C., Strong J. E., and P. A. Mosher Effect of Deicing Salts on Metal and Organic Matter Mobilization in Roadside Soils//Environ. Sei. Technol. – 1992. - №26. – P. 703-709.
- [2] Balseiro-Romero M., P. Gkorezis, P. S. Kidd Enhanced Degradation of Diesel in the Rhizosphere of *Lupinus luteus* after Inoculation with Diesel-Degrading and Plant Growth-Promoting Bacterial Strains//Journal of Environmental Quality// Bioremediation and Biodegradation. - 2016.

- [3] *Kumar A., Kumar S. Maiti, Tripti et al.* Grasses and legumes facilitate phytoremediation of metalliferous soils in the vicinity of an abandoned chromite–asbestos mine/ *J. of Soils and Sediments*. - 2015. - №7. – P. 1358-1368.
- [4] *Пернебек Н.О.* Рост и развитие семян в условиях засоления // *Научные исследования*. - 2018. - №2(22).
- [5] *Савонина Е. Ю., Марютина Т. А., Катасонова О. Н.* Определение микроэлементов в нефти с использованием комбинированного способа пробоподготовки // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2016. – Т. 82. – №. 10. – С. 17-21.2
- [6] *Трофимов С. Я., Фокин А. Д., Дорофеева Е.И. и др.* Влияние нефтяного загрязнения на свойства чернозема выщелоченного в условиях модельного эксперимента // *Вестник Московского университета*. — 2008. — № 1. – С. 34-39.