

УДК 631.41: 631.453

## ТРАНСФОРМАЦИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕФТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ И ДАВНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*Р.А. Осипова, А.Р. Равзутдинов, М.Ю. Гилязов, д.с.-х.н., С.Ж. Кулжамбердиева,  
Казанский государственный аграрный университет  
420015 г. Казань, ул. Карла Маркса, 65  
E-mail: mingilyazov@yandex.ru, 8-909-306-15-07*

*Установлено, что под действием нефти в серой лесной почве резко увеличилось содержание общего углерода, снизились емкость катионного обмена, гидролитическая кислотность, содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Глубина трансформации и темпы естественного восстановления агрохимических свойств обуславливались уровнем и давностью загрязнения. Изменения агрохимических свойств, вызванные дозами нефти 20 и 40 л/м<sup>2</sup>, сохранились в течение не менее десяти лет.*

*Ключевые слова:* серая лесная почва, нефть, уровень и давность загрязнения, агрохимические свойства почвы.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.114.17

Нефть и нефтепродукты являются распространенными загрязнителями всех компонентов природной среды, в том числе почвенного покрова. В РФ в 2018 г. ущерб от загрязнения нефтепродуктами увеличился с 1 до 5,1 млрд. руб. по сравнению с 2017 г. [4]. Особенно актуальна эта проблема для нефтедобывающих регионов, в том числе для Республики Татарстан (РТ), из недр которой добыто более 3,3 млрд. т нефти. Почвы земельных участков, загрязненные нефтью, теряют плодородие на многие годы и выбывают из сельскохозяйственного оборота [1, 3, 5]. Важнейшими элементами плодородия почв являются агрохимические свойства, которые во многом определяют уровень потенциального и эффективного плодородия.

Цель наших исследований – установление трансформации основных агрохимических параметров серой лесной почвы под влиянием нефти в зависимости от уровня и давности однократного загрязнения.

**Методика.** Объект исследования – серая лесная среднесуглинистая почва Предкамья РТ, загрязненная товарной нефтью. Полевые эксперименты проводились в условиях двух микрополевых стационарных опытов, заложенных, соответственно, в 2004 г. (МПО-1) и 2014 г. (МПО-2) на одном массиве. Делянки микрополевых опытов представляют собой бездонные ящики, углубленные в почву на глубину 30 см. Площадь делянок 0,50 м<sup>2</sup>, повторность опыта 4-кратная. Почва была загрязнена товарной нефтью заливкой делянок с поверхности из расчета 10; 20; 40 л/м<sup>2</sup> (МПО-1) и 12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup> (МПО-2). Как показали предыдущие исследования кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ [1], эти дозы примерно соответствуют слабому (10-12,5), среднему (20-25) и сильному (40-50) уровням загрязнения. До загрязнения нефтью 0-30 см слой почвы имел следующую агрохимическую характеристику: ЕКО и Н<sub>г</sub>, соответственно, 21,6-22,2 и 4,2-4,4 ммоль/100 г, содержание гумуса – 2,90-2,92%, подвижных форм фосфора – 125-129 мг/кг и калия 115-122 мг/кг.

Агрохимические анализы почв выполнены в ФГБУ ЦАС «Татарский» и на кафедре агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ общепринятыми методами: ГОСТ 26213-91 (содержание гумуса), ГОСТ 17.4.4.01-84 (емкость катионного обмена), ГОСТ 26212-91 (гидролитическая кислотность), ГОСТ 26484-85 (рН<sub>кол.</sub>), ГОСТ 26107-84 (общий азот), ГОСТ 26207-91 (подвижные формы фосфора и калия) и щелочногидролизующий азот по Корнфилду. Статистическая обработка результатов учета урожайности и анализов проведена методом дисперсионного анализа [2] с использованием программ для Microsoft Excel 97. Корреляционно-регрессионный анализ выполнен с помощью программы 2statistic aver. 5.5 A for Windows.

**Результаты и их обсуждение.** На рисунке 1 показан характер влияния нефтяного загрязнения, происшедшего 16 дней тому назад и обозначенное нами как «свежее загрязнение», на основные агрохимические свойства серой лесной почвы. Под влиянием испытанных доз нефти (12,5-50 л/м<sup>2</sup>) ЕКО и Н<sub>г</sub> снизились, соответственно, на 18-39 и 16-27 %. Коэффициенты детерминации (R<sup>2</sup>) этих величин от доз нефти равнялись 0,9223 и 0,8122, что указывает на наличие тесной отрицательной зависимости между этими показателями. Снижение емкости катионного обмена и гидролитической кислотности полагаем связано не столько с уменьшением количества поглощенных катионов, сколько с утратой их способности обмениваться благодаря обволакиванию почвенных коллоидов нефтяной пленкой. Такое явление было установлено ранее при загрязнении черноземных почв [1]. Кроме того, снижение гидролитической кислотности связано, возможно, с нейтральной или слабощелочной реакцией самой нефти. Величина рН<sub>кол.</sub> под влиянием максимальной дозы нефти возросла на 0,3 ед., и почва от слабокислой категории перешла в группу «близкая к нейтральной». В отличие от ЕКО и Н<sub>г</sub>, величина обменной кислотности статистически достоверно снизилась только от максимальной дозы нефти.

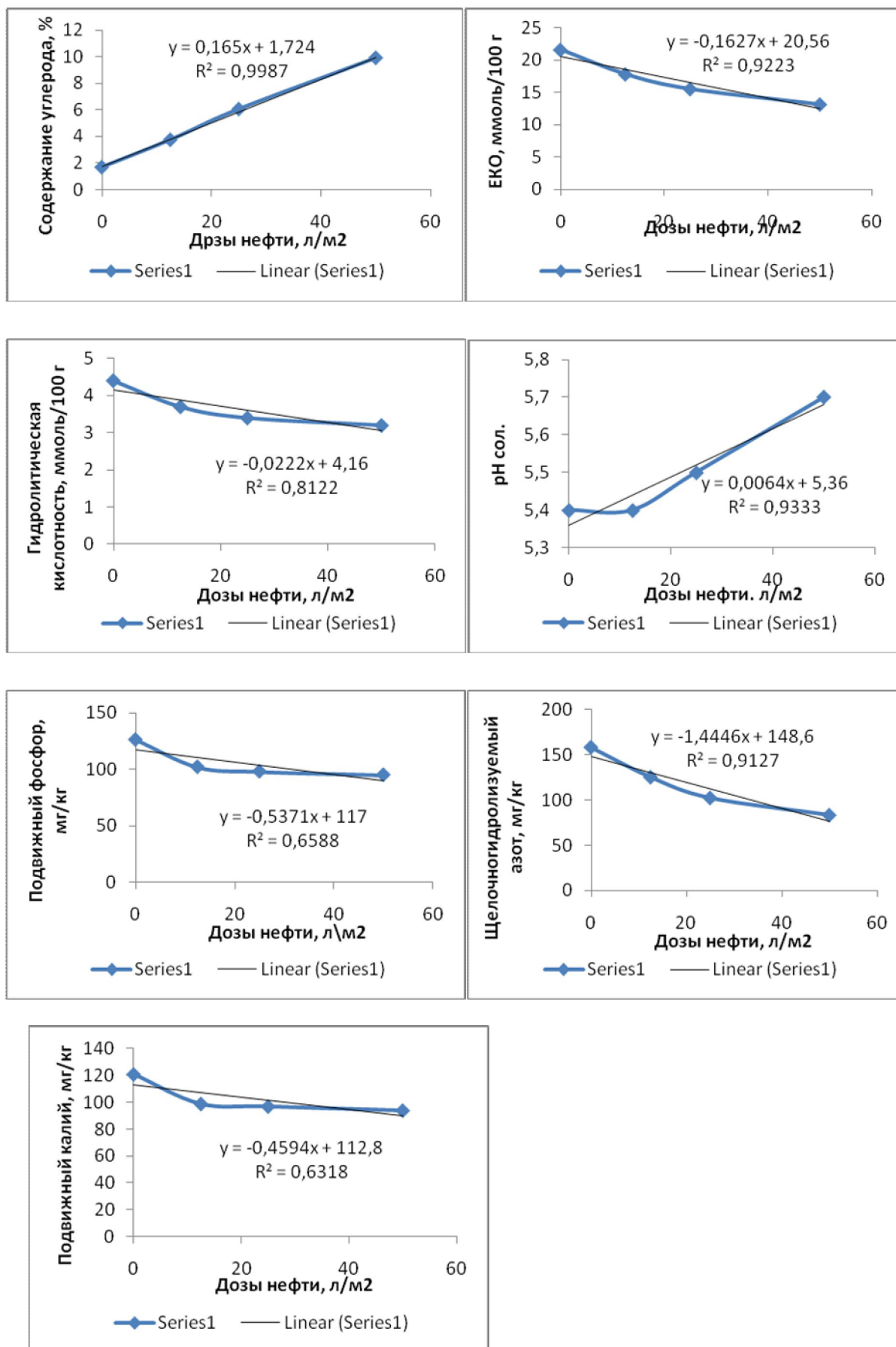


Рис. 1. Влияние свежего нефтяного загрязнения на агрохимические свойства верхнего 0-30 см слоя серой лесной почвы (МПО-2)

Информация о характере действия нефти и нефтепродуктов на содержание подвижных форм фосфора и калия почв противоречива. Если некоторые зарубежные исследователи сообщают об отсутствии существенного уменьшения содержания фосфора и калия в загрязненных почвах [6, 7], то отечественные исследователи утверждают обратное [1, 3]. В нашем эксперименте загрязнение серой лесной почвы нефтью приводило к снижению содержания подвижных форм всех трех питательных элементов. Особенно заметным было уменьшение в нефтезагрязненной почве содержания щелочногидролизующего азота. Если коэффициент детерминации ( $R^2$ ) содержания щелочногидролизующего азота от испытанных доз нефти равнялся 0,9127, то аналогичные коэффициенты для подвижных форм калия и фосфора составили, соответственно, только 0,6318 и 0,6588. На наш взгляд, обнаруженное снижение содержания подвижных форм питательных веществ почвы от нефтяного загрязнения обуславливается, в первую очередь, обволакиванием почвенных частиц нефтяной пленкой, затрудняющей переход питательных элементов в почвенный раствор.

Под действием нефтяного загрязнения особенно заметно изменилось содержание общего углерода ( $R^2=0,9987$ ). Так, если, содержание углерода в незагрязненной почве (контроль) равнялось 1,67 %, то в вариантах внесения 12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup> нефти оно возросло, соответственно, в 2,23; 3,62 и 5,92 раза. Такой рост углерода объясняется тем, что нефть, представляющая собой смесь углеводородов, содержит около 82-87 % углерода.

Независимо от доз внесения нефти, содержание общего азота в почве достоверно не изменилось. Увеличение углерода при практической неизменности содержания азота в почве приводило к расширению соотношения между азотом и углеродом. Таким образом, под действием свежего нефтяного загрязнения в серой лесной почве резко увеличилось содержание общего углерода, снизились емкость катионного обмена, гидролитическая кислотность, содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Среди изученных агрохимических показателей действие свежего нефтяного загрязнения особенно рельефно проявилось в увеличении углерода и расширении соотношения между азотом и углеродом.

Характер действия различных уровней старого (десятилетней давности) нефтяного загрязнения на основные агрохимические свойства пахотного слоя серой лесной почвы представлен в таблице.

**Влияние старого нефтяного загрязнения десятилетней давности\* на некоторые агрохимические свойства серой лесной почвы (МПО-1, 2014 г.)**

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Углерод	Азот	C/N	ЕКО	H <sub>r</sub>	pH <sub>сол.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N <sub>ш</sub> <sup>**</sup>
	%	%		ммоль/100 г			мг/кг		
0	1,69 100	0,13 100	13,0 100	20,8 100	4,6 100	5,4 100	126 100	123 100	164 100
10	1,76 104***	0,14 108	12,8 98	20,7 100	4,7 102	5,4 100	125 99	124 101	166 101
20	1,88 111	0,13 100	14,5 112	19,3 93	4,6 100	5,4 100	127 101	123 100	165 101
40	2,28 135	0,13 100	17,5 135	18,9 91	4,3 93	5,4 100	120 95	118 96	164 100
HCP <sub>05</sub>	0,08	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	-	1,2	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	5	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>

\*Загрязнение почвы проведено 05.05.2004 г.

\*\*Щелочногидролизующий азот по Корнфилду; \*\*\*В процентах по отношению к незагрязненной почве.

«Старая» нефтезагрязненная почва наиболее существенно отличалась от контрольной по содержанию общего углерода. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) содержания общего углерода от исходного уровня нефтяного загрязнения равнялся 0,958, что указывает на наличие весьма тесной взаимосвязи между этими двумя переменными. В зависимости от исходного уровня нефтяного загрязнения (10, 20, 40 л/м<sup>2</sup>), в старозагрязненной почве количество углерода превышало фоновое содержание, соответственно, в 1,04; 1,11 и 1,35 раза. Старое нефтяное загрязнение на содержание общего азота почвы статистически достоверного влияния не оказало, в связи с чем соотношение азота к углероду расширилось от 1 : 13,0 (незагрязненная почва) до 1: 17,5 (сильнозагрязненная почва).

Изменения других агрохимических показателей нефтезагрязненных почв были относительно небольшими и в основном характерны для сильнозагрязненной почвы. Величина pH<sub>сол.</sub> во всех вариантах опыта оказалась одинаковой (5,4), следовательно, по истечении десяти лет после загрязнения ни одна доза нефти не проявилась в данном показателе серой лесной почвы. В почвах, загрязненных нефтью из расчета 10 и 20 л/м<sup>2</sup>, содержание щелочногидролизующего азота было чуть выше контрольного уровня, однако данное превышение математически недоказуемо.

Таким образом, слабозагрязненная (10 л/м<sup>2</sup>) серая лесная почва десятилетней давности загрязнения существенно не отличалась от незагрязненного аналога ни по одному агрохимическому показателю. Отличие почвы, загрязненной второй дозой нефти (20 л/м<sup>2</sup>), от контрольной почвы через 10 лет после загрязнения состояло лишь в том, что в ней содержалось больше углерода и меньше обменных катионов. По истечении 10 лет после загрязнения в наибольшей степени от фоновой почвы отличалась почва, получившая максимальную дозу нефти (40 л/м<sup>2</sup>). Она характеризовалась меньшим содержанием подвижных форм фосфора и калия, меньшими емкостью катионного обмена, величиной гидролитической кислотности и повышенным содержанием общего углерода. Следовательно, среди рассмотренных агрохимических параметров нефтезагрязненной почвы десятилетней давности наиболее значимо выделялось повышенное содержание общего углерода. Динамика изменения основных агрохимических параметров серой лесной почвы во времени в зависимости от исходного уровня нефтяного загрязнения показана на рисунках 2 и 3. Образцы почв для анализа были взяты из верхнего 0-30 см слоя через 15 дней (2004 г.), 2, 4, 6 и 10 лет после однократного загрязнения почвы нефтью в дозах 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup>.

Представленные коэффициенты детерминации и линии тренда зависимости изученных свойств нефтезагрязненной серой лесной почвы от давности загрязнения, полагаем, прежде всего, демонстрируют их постепенное, хотя и медленное, приближение к значениям незагрязненной почвы. Другими словами, без каких-либо приемов рекультивации происходило медленное восстановление агрохимических параметров нефтезагрязненной почвы, что свидетельствует, на наш взгляд, о способности последней самоочищаться. В свою очередь, постепенное самоочищение возможно является результатом разрушения нефтяной пленки, обволакивающей почвенные частицы и затрудняющей обмен поглощенных катионов ППК с почвенным раствором.

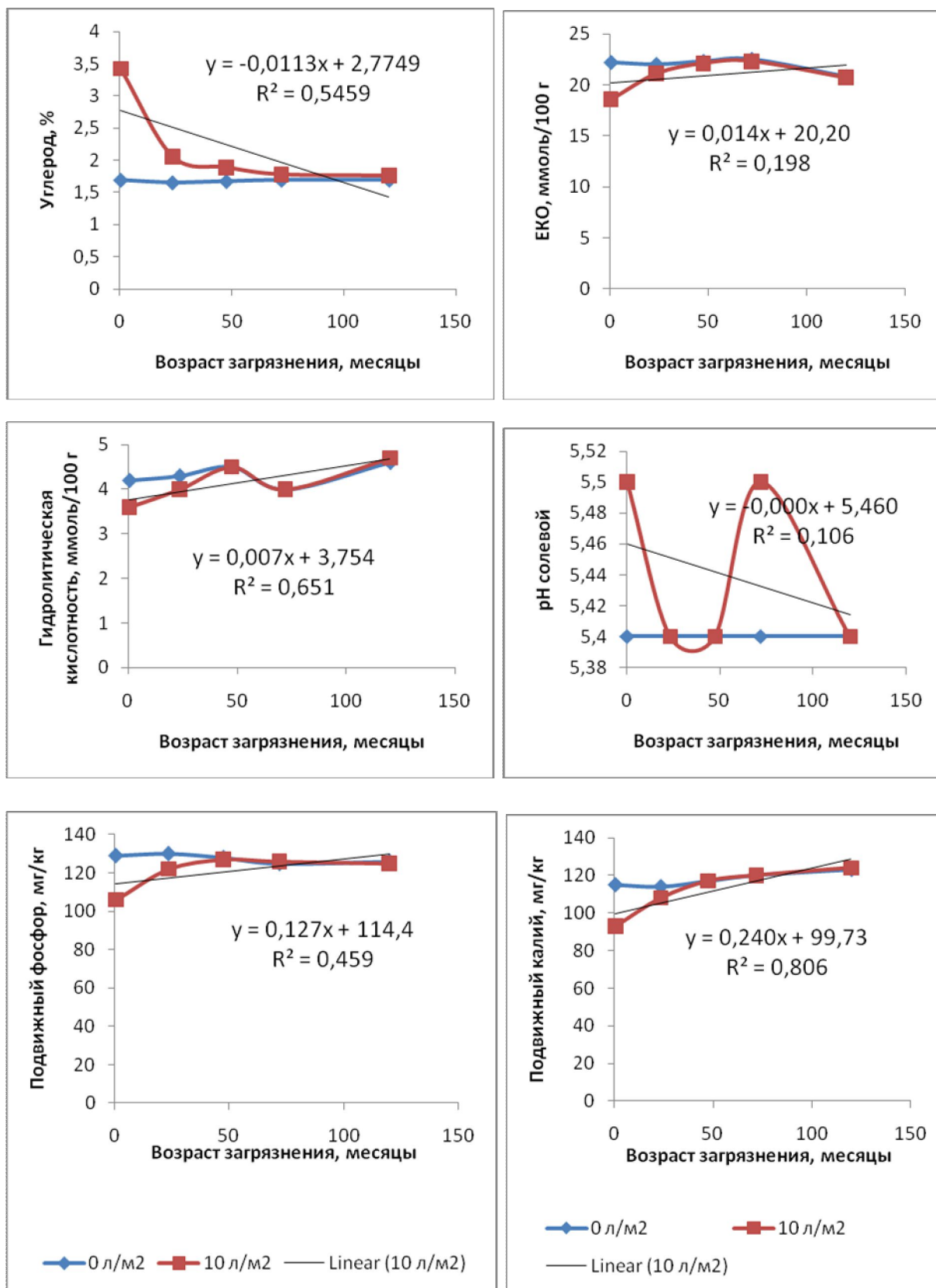


Рис. 2. Динамика трансформации основных агрохимических свойств серой лесной почвы при слабом уровне нефтяного загрязнения (10 л/м²) в течение 10 лет (МПО – 1)

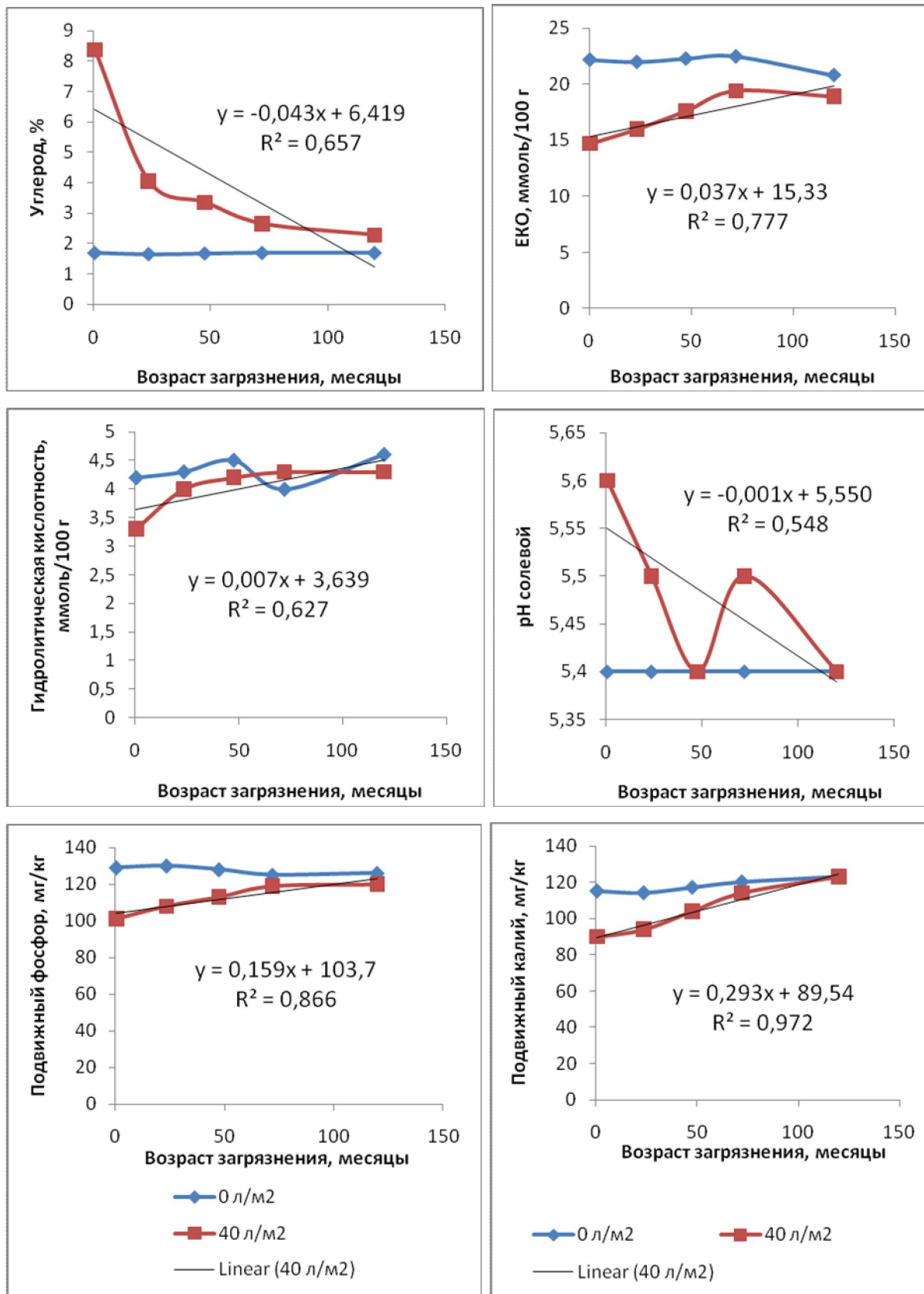


Рис. 3. Динамика трансформации основных агрохимических свойств серой лесной почвы при сильном уровне нефтяного загрязнения (40 л/м²) в течение 10 лет (МПО – 1)

Коэффициенты детерминации агрохимических показателей, за исключением гидролитической кислотности, от давности загрязнения почвы оказались минимальными на слабозагрязненной ( $10 \text{ л/м}^2$ ) и максимальными на сильнозагрязненной ( $40 \text{ л/м}^2$ ) почвах. Данное обстоятельство ещё раз свидетельствует о продолжающемся сохранении изменений большинства агрохимических свойств, произошедших под действием средней и максимальной доз нефти, в течение не менее десяти лет.

**Заключение.** Под действием нефти в серой лесной почве резко увеличилось содержание общего углерода, снизились емкость катионного обмена, гидролитическая кислотность, содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Среди изученных агрохимических показателей действие нефтяного загрязнения особенно рельефно проявилось в увеличении углерода и расширении соотношения между азотом и углеродом. Глубина трансформации и темпы естественного восстановления агрохимических свойств (приближение к значениям незагрязненной почвы) обуславливались уровнем и давностью загрязнения. Слабозагрязненная ( $10 \text{ л/м}^2$ ) серая лесная почва десятилетней давности загрязнения существенно не отличалась от незагрязненного аналога ни по одному агрохимическому показателю. В то же время, изменения агрохимических

свойств, вызванные средней и максимальной дозами нефти ( $20$  и  $40 \text{ л/м}^2$ ), сохранились в течение не менее десяти лет.

#### Литература

1. Гилязов, М.Ю. Агроэкологическая характеристика и приемы рекультивации нефтезагрязненных черноземов Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов, И.А. Гайсин. – Казань: Фэн, 2003. – 228 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика опытного дела. 5-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Леднёв, А.В. Влияние нефтяного загрязнения на агрохимические и токсикологические показатели дерново-подзолистых почв / А.В. Леднёв, А.В. Ложкин // Агрохимический вестник. – 2019. – № 2. – С.72-78.
4. Пятикратно возрос ущерб от загрязнения нефтепродуктами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oilcapital.ru/news/markets/17-02-2020/pyatikratno-vozros-uscherb-ot-zagryazneniya-nefteproduktami-v-2018-godu>. Дата обращения 03.03.2020.
5. Minnegali Gilyazov, Regina Osipova, Amir Ravzutdinov, and Svetlana Kuzhamberdieva, (2019). Yield and Chemical Composition of Spring Wheat Harvest on Oil-contaminated Grey Forest Soil // International scientific and practical conference «AgroSMART -Smart solutions for agriculture», KnE Life Sciences, p. 338-346.
6. Sexton, A.J. Response of microorganisms in Arctic tundra Soils to application of crude oil / A.J. Sexton R.M. Atlas // Abstrs Annu. Meet. Amer. Soc. Microbiol. Atlantic City N.J., 1976. – Washington, D.C., 1976. – P.194.
7. Udo, E.J. The effect of oil population of soil on germination, growth and nutrient uptake of corn / E.J. Udo A.A., Faymi // J.Environ/ Quality. - 1975. – Vol.4. – № 4. – P. 537-540.

#### TRANSFORMATION OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF GRAY FOREST SOIL UNDER THE INFLUENCE OF OIL DEPENDING ON THE LEVEL AND DURATION OF CONTAMINATION

R. A. Osipova, A. R. Ravzutdinov, M. Yu. Gilyazov, doctor of agricultural Sciences, S. Zh. Kuzhamberdieva, Kazan State Agricultural University, 65 Karl Marx street, Kazan, 420015, E-mail: mingilyazov@yandex.ru, 8-909-306-15-07

*Under the influence of oil, the total carbon content in the gray forest soil has dramatically increased. The cation exchange capacity, hydrolytic acidity, and the content of mobile forms of nitrogen, phosphorus, and potassium have decreased. The depth of transformation and the rate of natural recovery of agrochemical properties were determined by the level and age of contamination. Changes in agrochemical properties caused by oil doses of 20 and 40 l/m<sup>2</sup> have been preserved for at least ten years.*

**Keywords:** gray forest soil, oil, level and duration of contamination, agrochemical properties of soil.

УДК: 631.58:633.112.6

#### РОЛЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКА КАК ЭЛЕМЕНТА ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПШЕНИЦЫ ПОЛБЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Ф.Ш. Шайхутдинов, профессор, доктор сельскохозяйственных наук,  
И.М. Сержанов, профессор, доктор сельскохозяйственных наук,  
А.Р. Сержанова, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук,  
Р.И. Гараев, ассистент, Казанский государственный аграрный университет  
г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 65, E-mail: igor.serzhanov@mail.ru

Представлены результаты двухлетних исследований по изучению влияния элемента экологического земледелия при возделывании пшеницы полбы с целью получения безопасного диетического продукта питания для человека в условиях серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан. В годы исследований сложились относительно благоприятные метеорологические условия для роста и развития пшеницы двузернянки (полба). Гидротермический коэффициент вегетационного периода в 2018 г. (V-VI-VII) составил 0,95, а 2019 г. – 1,35. В опыте изучали четыре предшественника пшеницы полбы без применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений от болезней, вредителей и сорняков.

В среднем за 2 года хорошие полнота всходов, а также сохранность растений от числа высеванных семян и всходов отмечены по предшественнику клевер однолетний, соответственно, 78,7 и 99,4 %. Наилучшим предшественником полбы оказался клевер однолетний: урожайность в 2018 г. составила 2,15 т/га, в 2019 г. – 2,62 т/га.

**Ключевые слова:** предшественники, полевая всхожесть, сохранность растений, продуктивность, пшеница полба, органическое земледелие.