

УДК 631.6:633.2.03

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ СТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Троц Наталья Михайловна, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Землеустройство, агрохимия и почвоведение», ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: troz_shi@mail.ru

Горшкова Оксана Васильевна, канд. с.-х. наук, ведущий инженер, АО «Волжский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт по землеустройству».

443063, г. Самара, ул. Ставропольская, 45.

E-mail: we-so63@rambler.ru

Ключевые слова: нефтедобыча, чернозем, пастбище, рекультивация, показатель, оценка.

Цель исследований – восстановление плодородия нефтезагрязнённых кормовых угодий (пастбищ) для использования в соответствии с целевым назначением в сельскохозяйственном обороте. Деградация естественных кормовых угодий, происходящая в результате воздействия разлитой нефти и нефтепромысловых вод, дестабилизирует развитие фитоценозов и приводит к уменьшению их продуктивности. Аккумуляция почвой нефтепродуктов и пластовых вод приводит к изменению условий питания растений за счет увеличения плотности почвы, ухудшения структурного состояния, уменьшения водопроницаемости, накопления солей. Восстановление нарушенных сельскохозяйственных земель – теоретическая, методологическая и практическая проблема. Исследования проводились в 2019-2021 гг. на нефтезагрязнённых черноземах обыкновенных карбонатных слабогумусированных маломощных среднесмытых среднещелеватых среднеглинистых и смытых и намывных почвах балок, относящихся к категории естественных кормовых угодий (пастбищ). На исследуемом участке уровень загрязнения почв нефтепродуктами варьирует от допустимого до очень высокого, повышено содержание ионов Cl и Na^+ , что соответствует хлоридному типу засоления, очень сильной степени засоления, по степени солонцеватости почвы участка остаточной и мало натриевые. Содержание органического вещества в виде гумуса на загрязненном участке – 3,6-6,2%, на фоновых землях – 2,9%, реакция среды почвенного раствора –

от близкой к нейтральной до слабощелочной (рН 6,0-7,1), на фоновой почве – нейтральная (рН 6,1). Содержание подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Hg) находится в пределах ПДК. По результатам агрохимических анализов на нарушенном и загрязненном участке площадью 0,875 га принято два способа восстановления почвы: технический и биологический (агротехнические мероприятия по восстановлению почв и посев многолетних трав) с общей стоимостью затрат 187,65 тыс. рублей.

RECUITIVATION OF OIL-POLLUTED FEED LANDS OF STEPPE ZAVOLZHYE

N. M. Trots, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of «Land Management, Agro-Chemistry and Soil Science», FSBEI HE Samara State Agrarian University.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: troz_shi@mail.ru

O. V. Gorshkova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Engineer, JSC «Volga Research and Engineering Institute for Land Management».

443063, Samara, Stavropolskaya street, 45.

E-mail: we-so63@rambler.ru

Keywords: oil production, chernozem, pasture, recovery, indicator, assessment.

The purpose of the research is to restore soil fertility of oil-polluted feed lands (pastures) for use in accordance with the intended purpose for agriculture. The degradation of natural feed lands, which occurs as a result of the impact of oil spills and oilfield water, destabilizes the development of phytocenoses and leads to a decrease of their productivity. The accumulation of oil waste and oil field water leads to a change in plant nutrition due to an increase of soil density, deterioration of the structural condition, reduction of water permeability, and accumulation of salts. Restoration of disturbed agricultural land is a theoretical, methodological and practical problem. The studies were conducted in 2019-

2021 on oil-polluted chernozem of ordinary carbonate slightly humic and shallow balkas of erode and drift soils, containing medium-sized gravel and moderately clayey layers belonging to the category of natural feed lands (pastures). At the studied site, the degree of soil contamination by petroleum products varies from acceptable limits to very high, the content of Cl^- and Na^+ ions is increased, which corresponds to the chloride salinity quality, which is considered very high and residual sodium absorption ratio of the plot and little natric. The content of organic matter mainly humus on the contaminated site is 3.6-6.2%, on backing lands – 2.9%, the reaction of the soil solution medium is from normal to neutral and to slightly alkaline (pH 6.0-7.1), on backing soil-neutral (pH 6.1). The content of active forms of metal heavy (Pb, Hg) is within the Maximum Permissible value. According to the results of agrochemical analyses on a disturbed and polluted area of 0.875 hectares, two methods of soil restoration were adopted: technical and biological (agrotechnical measures for soil fertility recovery and sowing of perennial grasses) with a total cost of 187.65 thousand rubles.

Самарская область относится к освоенным в аграрном отношении регионам, где высока роль естественных ландшафтов, сохранению стабильности и продуктивности которых уже более столетия уделяется пристальное внимание [1, 3, 7, 8, 9].

Деградация естественных кормовых угодий, происходящая в результате воздействия разлитой нефти и нефтепромысловых вод, дестабилизирует развитие фитоценозов и приводит к уменьшению их продуктивности [2]. Аккумуляция почвой нефтепродуктов и пластовых вод приводит к изменению условий питания растений за счет увеличения плотности почвы, ухудшения структурного состояния, уменьшения водопроницаемости, накопления солей. Восстановление нарушенных сельскохозяйственных земель на основе системы необходимых мер является теоретической, методологической и практической проблемой и определяет актуальность исследований.

Цель исследований – восстановление плодородия нефтезагрязненных кормовых угодий (пастбищ) для использования в соответствии с целевым назначением в сельскохозяйственном обороте.

Задачи исследований – оценить влияние нефти и высокоминерализованной пластовой воды на состояние почвенного покрова кормовых угодий (пастбищ); разработать мероприятия по рекультивации земель.

Материал и методы исследований. В 2019-2021 гг. проводилось комплексное агрохимическое обследование земельного участка в районе «Сооружение Напорный нефтепровод» – от дожимной насосной станции (ДНС) «Никольская» Никольско-Спиридоновского месторождения до ДНС «Парфеновская» Бариновско-Лебяжинского месторождения – и «Парфеновский купол» Никольско-Спиридоновского месторождения в границах Кинельского района Самарской области, площадью 0,8075 га. Детальное почвенное обследование проводилось путем отбора смешанных образцов и заложения почвенных разрезов.

Почвенные разрезы закладывались таким образом, чтобы охватить все формы рельефа и участки предполагаемого засоления, загрязнения и нарушения. Координирование земельного участка осуществлялось по внешней границе с помощью прибора GPSmap 60Сх – GARMIN. Отбор смешанных образцов (объединенной пробы) производился методом конверта. На площадке 20x20 м из четырех равноудаленных друг от друга точек из верхнего горизонта (0-30 см) брались почвенные образцы массой до 1 кг, тщательно перемешивались, из чего отбиралась средняя проба массой 300-400 г.

Для определения глубины проникновения загрязнения закладывался разрез, из которого послонно отбирались образцы почвы.

Всего на исследованной территории были заложены 2 пробные площадки, 1 разрез на глубину 50 см, из которого было отобрано 2 почвенных образца. На фоновой почве был отобран 1 образец с глубины 0-20 см.

Лабораторные анализы выполнялись в лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Самарская», имеющей «Аттестат аккредитации испытательной лаборатории (центра) в системе аккредитации аналитических лабораторий (центров)» (№РОСС RU.0001.510565, выдан 10.08.2016 г., дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц 22.04.2015 г.).

Результаты лабораторных анализов образцов почв из разрезов и смешанных образцов почв, взятых на нарушенных и загрязненных почвах, сравнивались с показателями фоновой почвы. Химизм

и степень засоления почв определялись по данным анализа водной вытяжки. Тип засоления определяется составом анионов и катионов в характеризуемом слое или горизонте по классификации Н. И. Базилевича и Е. И. Панковой [5, 6].

Результаты исследований. Исследуемые почвы относятся к переходной степной полосе Заволжья (междуречье рек Большой Кинель и Самара), представлены черноземом обыкновенным карбонатным слабогумусированным маломощным среднесмытым среднещелеватым среднеглинистым и смытыми и намытыми почвами балок. Содержание гумуса в верхнем горизонте описанных почв составляет 2,8-3,2%, мощность гумусового горизонта – 25-35 см (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические фоновые показатели почвы, подвергшейся нефтяному загрязнению

Почва	Содержание гумуса, %	Мощность гумусового горизонта, см	рН солевой вытяжки	Физическая глина, %	Емкость поглощения, мг/экв на 100 г почвы	Подвижные формы, мг на 100 г почвы (по Мачигину)	
						P ₂ O ₅	K ₂ O
Чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный маломощный среднесмытый среднещелеватый среднеглинистый	2,8	35	7,4	73,0	37,9	58	144
Смытые и намытые почвы балок	3,2	25	6,9	22,0	-	137	186

Реакция почвенной среды верхнего горизонта нейтральная и слабощелочная. Обеспеченность пахотного слоя для зерновых культур подвижными формами фосфора средняя и повышенная (58-137 мг/кг почвы), обменным калием – высокая и очень высокая (144-186 мг/кг почвы).

Основываясь на полученной картине солевого режима почв (табл. 2), можно сделать вывод, что на исследуемом участке в формировании солевого режима почвы принимают участие анионы: Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, и катионы: Na⁺, Mg²⁺ и Ca²⁺. На глубине 0-20 см величина плотного остатка – 1,024%, на глубине 40-50 см – 0,80%, в смешанном образце – 1,1%. По классификации почв по степени засоления и в зависимости от химизма солей почвы участка отнесены к очень сильнозасоленным.

Таблица 2

Классификация почв участка по степени засоления в зависимости от состава солей

Глубина взятия образца, см	Степень засоления					Разделение засоленных почв по химизму (отношение Cl ⁻ : SO ₄ ²⁻ > 1)	Тип (химизм) засоления, степень солонцеватости
	порог токсичности (незасоленные почвы)	слабозасоленные	среднезасоленные	сильнозасоленные	очень сильнозасоленные		
	менее 0,1 менее 0,3	0,1-0,2 0,3-0,9	0,2-0,4 0,9-2,8	0,4-0,8 2,8-6,5	более 0,8 более 6,5		
10-20					$\frac{1,024}{13,64}$	13,64:0,10=136,4	Хлоридный, остаточо-натриевые (содержание Na от емкости поглощения 7%)
40-50					$\frac{0,8}{9,54}$	9,54:0,12=79,5	Хлоридный
3 с** (0-20)					$\frac{1,1}{14,09}$	14,09:0,66=21,3	Хлоридный, малонатриевые (содержание Na от емкости поглощения 20%)

Примечание: * – в числителе величина плотного остатка (%), в знаменателе – содержание анионов Cl⁻ (ммоль на 100 г почвы); ** – «с» – смешанный образец.

По соотношению анионов Cl⁻ и SO₄²⁻ (более единицы) тип (химизм) засоления – хлоридный. Для хлоридного типа засоления минимальный порог токсичности (величина плотного остатка), при котором почва считается не засоленной, менее 0,1%. По содержанию аниона Cl⁻ в водной вытяжке

почвы участка отнесены к очень сильнозасоленным. Допустимое содержание Cl^- в незасоленных почвах менее 0,3 ммоль на 100 г. Преобладающей в растворе водной вытяжки является соль $NaCl$ – самая токсичная по воздействию на растительность. При длительном испытании почвы наличием данных солей происходит процесс осолонцевания.

Содержание нефтепродуктов (табл. 3) на участке на глубине 0-20 см – 691-5048 мг/кг, на глубине 40-50 см – 498 мг/кг. Уровень загрязнения почв нефтепродуктами – от допустимого до очень высокого.

Таблица 3

Степень загрязнения нефтепродуктами		
Глубина взятия образца, см	Нефтепродукты, мг/кг	Уровень загрязнения почв нефтепродуктами
0-20	691	допустимый
40-50	498	допустимый
3 с* (0-20)	5048	очень высокий
4 с (0-20)	3330	высокий
2 ф**	89	фоновый

Примечание: * – «с» – смешанный образец; ** – «ф» – образец взят на фоновой ненарушенной почве.

Результаты анализов агрохимических показателей почв показали, что содержание органического вещества в виде гумуса на загрязненном участке на глубине 0-20 см превышает значение на фоновых землях в 2,14 раза (табл. 4). Значительное увеличение содержания органического углерода в почвах связано с поступлением углерода нефти [4].

Реакция среды почвенного раствора на обследованном участке нейтральная и слабощелочная (рН 6,0-7,1), на фоновой почве – нейтральная (рН 6,0).

Содержание валовых форм тяжелых металлов: Pb – 11,1 мг/кг, Hg – 0,015 мг/кг. Значения находятся в пределах ПДК (ОДК).

Рекультивация почв при ликвидации последствий нарушения почвенного покрова на площади 8075 м² состоит из технических и биологических мероприятий. Технический этап рекультивации на загрязненном участке предусматривает следующие мероприятия: дискование земель на площади 0,8075 га; зачистка загрязнений механизированным и ручным способом; откачка 4 м³ жидкости при помощи автоматизированной канализационной насосной станции (АКНС) (место утилизации – нефтеналивная станция переработки (ННСП)); вывоз 632 м³ загрязненного грунта (место утилизации – пункт переработки нефтяных отходов (ППНО) «Кулешовская»); завоз 70 м³ чистого грунта. Противоэрозионные мероприятия: создание кольматирующих насаждений (илофильтров); строительство водоотводной вал-канавы.

Таблица 4

Номер и обозначение почвенного образца	Нарушенные загрязненные почвы			Ненарушенные почвы		
	Глубина отбора, см	рН солевой вытяжки	Содержание гумуса, %	Номер и обозначение почвенного образца*	рН солевой вытяжки	Гумус, %
1 р*	0-20	6,0	3,6			
3 с**	0-20	7,0	6,2			
4 с	0-20	7,1	4,3	2 ф***	6,1	2,9

Примечание: * – «р» – почвенный образец взят с разреза; ** – «с» – смешанный образец; *** – «ф» – образец взят на фоновой ненарушенной почве.

Биологический этап направлен на закрепление поверхностного слоя почвы корневой системой растений, создание сомкнутого травостоя и предотвращение развития эрозии почв на загрязненных и нарушенных землях. Разработаны два этапа биологической рекультивации земель. Агротехнический этап направлен на улучшение химических и физических свойств загрязненных земель, включает комплекс мероприятий механической мелиорации загрязненного участка: внесение органических удобрений (80 т/га) на участке площадью 0,8075 га. За счет проведения интенсивного рыхления удастся резко снизить количество углеводов. Это свидетельствует о достаточно большом потенциале почв к самовосстановлению и о высокой эффективности рыхления в первый период после загрязнения. Все мероприятия по механической мелиорации должны быть проведены

поконтурно (поперек склона) с целью соблюдения природоохранных мероприятий. Фитомелиоративный этап рекультивации включает внесение минеральных удобрений (табл. 5) с нормой внесения 4,5 ц/га с одновременным посевом многолетних трав, прикатывание почв до и после посева.

Таблица 5

Расчет потребности в материалах для проведения мероприятий по рекультивации нефтезагрязненных почв

Норма внесения и высева					Потребность				
Органические удобрения, т/га	Минеральные удобрения, ц	Семена многолетних трав, кг/га			Органические удобрения, т	Минеральные удобрения, ц	Семена многолетних трав, кг		
	нитрофоска	пырей	житняк	донник		нитрофоска	пырей	житняк	донник
80	4,5	10	10	10	64,6	3,63	8,075	8,075	8,075

На основании полученных результатов проведен расчёт стоимости затрат на проведение рекультивации и природоохранных мероприятий (табл. 6). Средняя кадастровая стоимость сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения муниципального района Кинельский составляет 27,7 тыс. руб. за один гектар.

Таблица 6

Показатели общей экономической эффективности капитальных вложений на проведение рекультивации (в ценах 2020 г.).

№	Показатель	Единицы измерения	Количественное значение показателей
1	Рекультивируемая площадь (почвы пастбищ), всего	га	0,8075
2	Эколого-экономический результат	тыс. руб.	22,37
3	Капитальные вложения (К. В.) на рекультивацию: - технический этап - биологический этап	тыс. руб.	3,74
		тыс. руб.	183,91
		тыс. руб.	187,65
4	Общие затраты на рекультивацию, всего	тыс. руб.	187,65
5	Эффективность капиталовложений на рекультивацию		0,12

Заключение. Почвенный покров кормовых угодий в разной степени загрязнен нефтепродуктами, содержание органического вещества на нефтезагрязненных почвах увеличивается за счет углерода нефти, реакция среды почвенного раствора сдвигается в щелочную сторону, почвы засолены в сильной степени, тип засоления хлоридный.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Hg) находится в пределах ПДК. На основании агрохимических исследований на загрязненном участке кормовых угодий (пастбищ) площадью 0,8075 га рекомендовано два способа восстановления земель: технический – дискование (улучшается аэрация почвы, что снижает содержание нефтепродуктов и улучшает агрофизические свойства), зачистка загрязнений механизированным и(или) ручным способом, откачка жидкой фракции нефти (при проведении данных мероприятий значительно снижается токсическое действие нефти и пластовой воды); биологический – агротехнические мероприятия по восстановлению почв (направлены на улучшение химических и физических свойств загрязненных земель), посев многолетних трав. Кроме того, противоэрозионные мероприятия: создание кольматирующих насаждений (илофильтров) для сдерживания развития процессов эрозии на смытых почвах; строительство водоотводной вал-канавы для отвода от участка кормовых угодий засоленных и загрязненных вод.

Библиографический список

1. Горшкова, О. В. Рекультивация нефтезагрязненных черноземов Среднего Поволжья : монография / О. В. Горшкова, Н. М. Троц, Г. И. Чернякова [и др.]. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 149 с.
2. Исакова, Е. А. Особенности воздействия нефти и нефтепродуктов на почвенную биоту / Е. А. Исакова // Colloquium-journal. – 2019. – № 12 (36). – С. 7-10.
3. Миронова, А. Ю. Сравнительный анализ структуры землепользования и перспективы ее совершенствования в хозяйствах муниципального района Борский Самарской области / А. Ю. Миронова // Известия Оренбургского государственного университета. – 2013. – №3(41). – С. 27-30.

4. Околелова, А. А. Оценка содержания нефтепродуктов в почвах / А. А. Околелова, В. Н. Капля, А. Г. Лапченков // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2019. – №1(43). – С. 76-86. – (Серия «Естественные науки»).
5. Панкова, Е. И. Вклад Н. И. Базелевич в развитие почвенной науки / Е. И. Панкова, Т. В. Турсина, А. А. Тишков // Почвоведение. – 2019. – № 11. – С. 1283-1295.
6. Панкова, Е. И. О проблеме оценки засоленности почв и методике крупномасштабного цифрового картографирования засоленных почв / Е. И. Панкова, М. В. Конюшкова, И. Н. Горохова // Экосистемы: экология и динамика. – 2017. – №1. – С. 26-54.
7. Троц, Н. М. Рекультивация черноземов Сыртового Заволжья, нарушенных процессами нефтедобычи / Н. М. Троц, О. В. Горшкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 16-22.
8. Троц, Н. М. Оценка состояния земель сельскохозяйственного назначения Самарской области, находящихся в зоне нефтедобычи / Н. М. Троц, О. В. Горшкова // Аграрная Россия. – 2018. – № 4. – С. 10-13.
9. Чекмарев, П. А. Мониторинг плодородия почв Самарской области / П. А. Чекмарев, С. В. Обущенко // Земледелие – 2016. – № 8. – С. 12-15.

References

1. Gorshkova, O. V., Trots, N. M., & Chernyakova, G. I. et al. (2020). Rekultivaciia neftezagriaznennih chernozemov Srednego Povolzh'ia [Recovery of oil-polluted chernozem of the Middle Volga region]. Kinel': PC Samara SAU [in Russian].
2. Iskakova, E. A. (2019). Osobennosti vozdeistviia nefti i nefteproduktov na pochvennuu biotu [Features of the impact of oil and petroleum products on soil biota]. *Colloquium-journal*, 12 (36), 7-10 [in Russian].
3. Mironova, A. Yu. (2013). Sravnitelinii analiz strukturi zemlepolizovaniia i perspektivi ee sovershenstvovaniia v hoziaistvah municipalinogo raiona Borskii Samarskoi oblasti [Comparative analysis of the structure of land use and prospects for its improvement in the farms of the Borsky municipal district of the Samara region]. *Izvestiia Orenburgskogo GAU – Izvestia Orenburg SAU*, 3(41), 27-30 [in Russian].
4. Okolelova, A. A., Kaplya, V. N., & Lapchenkov, A. G. (2019). Ocenka sodержaniia nefteproduktov v pochvah [Assessment of the content of petroleum products in soils]. *Nauchnie vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta – Belgorod State University Scientific Bulletin*, 1(43), 76-86 [in Russian].
5. Pankova, E. I., Tursina T. V., & Tishkov A. A. (2019). Vklad N. I. Bazelevich v razvitie pochvennoi nauki [The contribution of N. I. Bazelevich to the development of soil science]. *Pochvovedenie – Edaphology*, 11, 1283-1295 [in Russian].
6. Pankova, E. I., Konyushkova, M. V., & Gorokhova, I. N. (2017). O problem ocenki zasolennosti pochv i metodike krupnomasshtabnogo cifrovogo kartografirovaniia zasolennih pochv [On the problem of assessing soil salinity and the methodology of large-scale digital mapping of saline soils]. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika – Ecosystems: ecology and dynamics*, 1, 26-54 [in Russian].
7. Trots, N. M., & Gorshkova, O. V. (2019). Rekultivaciia chernozemov Sirtovogo Zavolzh'ia, narushennih processami nefteдобычи [Recovery of chernozem of the Syrtovy Zavolzh'ye, disturbed by the process of oil production]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 3, 16-22 [in Russian].
8. Trots, N. M., & Gorshkova, O. V. (2018). Ocenka sostoiianiia zemeli seliskokhoziaistvennogo naznacheniiia Samarskoi oblasti, nahodiashchihsia v zone nefteдобычи [Assessment of the state of agricultural lands of the Samara region located in the oil production zone]. *Agrarnaya Rossiya – Agrarnaya Rossiya*, 4, 10-13 [in Russian].
9. Chekmarev, P. A., & Obushchenko, S. V. (2016). Monitoring plodorodiia pochv Samarskoi oblasti [Monitoring of soil fertility in the Samara region]. *Zemledelie – Zemledelie*, 8, 12-15 [in Russian].