

А.Р. Равзутдинов, аспирант;
М.Ю. Гилязов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
С.Ж. Кужамбердиева, аспирант,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
(420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, 65; mingilyazov@yandex.ru)

ДЕЙСТВИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ И АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА

Нефть представляется наиболее распространенным загрязнителем почвенного покрова. Исследована возможность естественной реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы и эффективность некоторых агрохимических и агротехнических приемов её рекультивации в условиях Предкамья Республики Татарстан. В качестве приемов рекультивации испытаны: механическая обработка почвы (рыхление), известкование, внесение минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1. В статье обобщена информация о влиянии испытанных приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы на урожайность ярового рапса, который возделывался согласно схеме севооборота через 3, 7 и 11 лет после загрязнения почвы нефтью. Установлено сохранение негативного влияния на продуктивность ярового рапса однократного нефтяного загрязнения в течение не менее 11 лет. Вместе с тем, обнаружилась тесная положительная корреляция между давностью загрязнения почвы и урожайностью ($R^2=0,804\div 0,996$), что свидетельствует о возможности постепенной, хотя и медленной, детоксикации нефтезагрязненной серой лесной почвы без каких-либо приемов рекультивации. Значимость испытанных приемов рекультивации существенным образом изменилась во времени: если в первое время (в течение не менее трех лет после загрязнения) на продуктивность рапса наибольшее положительное влияние оказало интенсивное рыхление почвы, то в последующие годы значимость данного приема существенно снизилась при одновременном резком возрастании роли полного минерального удобрения. Известкование нефтезагрязненной слабокислой серой лесной почвы не обеспечило получения достоверной прибавки урожая. Максимальная урожайность маслосемян ярового рапса получена по варианту опыта «рыхление + известкование + NPK».

Ключевые слова: *нефтяное загрязнение, давность загрязнения, яровой рапс, урожайность, рекультивация, рыхление почвы, полное минеральное удобрение, известкование, биопрепарат Байкал ЭМ-1.*

A.R. Ravzutdinov, post graduate student;
M.Yu. Gilyazov, Doctor of Agricultural Sciences, professor;
S.Zh. Kuzhamberdieva, post graduate student
FSBEI HE 'Kazan State Agricultural University',
(420015, Kazan, Karl Marks Str., 65; mingilyazov@yandex.ru)

THE EFFECT OF AGROCHEMICAL AND AGROTECHNICAL METHODS OF RECULTIVATION OF OIL-POLLUTED SOIL ON PRODUCTIVITY OF SPRING RAPE

Oil is considered to be the most widely spread pollutant of soil. We have studied the possibility of natural rehabilitation of oil-polluted grey forestry soil and efficiency of some agrochemical and agrotechnical methods of its recultivation in the Predkamie of the Republic of Tatarstan. The methods of recultivation, which have been applied, are mechanical tillage (loosening), liming, fertilizing with minerals and biomedicine 'Baykal EM-1'. The article summarizes the data about the effect of the tested methods of recultivation of oil-polluted soil on productivity of spring rape, which was grown according to the scheme of crop rotation after 3, 7 and 11 years of soil contamination with oil. The negative influence on productivity of spring rape after the only oil pollution during 11 years has been established. At the same time there has been seen a close positive correlation between the limitation of soil contamination and productivity ($R^2=0.804\div0.996$), that shows the possibility of a gradual, albeit slow detoxication of grey forestry soil without any recultivation. The significance of the tested methods of recultivation has changed a lot along the time. At the beginning (after three years of pollution) intensive loosening had a more positive effect on productivity of spring rape, then the effect of it decreased at a large increase of the effect of total mineral fertilizing. Liming of oil-polluted low-acid grey forestry soil produced no effect on productivity increase. The maximum productivity of spring rape has been obtained in the experiment 'loosening+liming+NPK'.

Keywords: *oil pollution (contamination), limitation of contamination, spring rape, productivity, recultivation, loosening, total mineral fertilizing, liming, biomedicine 'Baykal EM-1'.*

Введение. По мнению ряда исследователей, в нашей стране ежегодно происходит более 20 тыс. аварий и теряется около 1 % добываемой нефти [1, 2]. Актуальна эта проблема и для Республики Татарстан, на территории которой более 70 лет ведется интенсивная нефтедобыча [3, 4]. Загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами ухудшает многие агрохимические, агрофизические, биологические свойства почв и, в конечном счете, приводит к полной или частичной гибели сельскохозяйственных культур [5-8]. Естественное восстановление нефтезагрязненных почв происходит весьма замедленно, в связи с чем возникает острая необходимость изыскания простых и

эффективных приемов рекультивации. Целью нашего исследования явилась оценка возможности восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы посредством агрохимических и агротехнических приемов.

Материалы и методы. Исследование проводили на опытном поле кафедры агрохимии и почвоведения Казанского государственного аграрного университета. Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая, имеющая слабокислую реакцию. Она характеризуется низким содержанием гумуса, повышенным содержанием подвижного фосфора и средней обеспеченностью подвижным калием.

Почва была загрязнена из расчета 20 л нефти на 1 м², что, согласно [4], соответствует среднему уровню загрязнения. Преднамеренное однократное загрязнение почвы товарной нефтью было проведено в мае 2004 года. В качестве приемов рекультивации испытывали интенсивную механическую обработку почвы (рыхление), внесение минеральных, известковых удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1.

Дозу известки рассчитали по величине гидролитической кислотности, и она равнялась 6 т/га. За весь период эксперимента известняковая мука была внесена 2 раза, а минеральные удобрения и биопрепарат – ежегодно. В течение двух первых лет после загрязнения минеральные удобрения, предназначенные для стимуляции активности углеводородокисляющих микроорганизмов, были внесены из расчета 80 кг д.в./га с соотношением азота, фосфора и калия 1:0,4:0,2. В последующие годы нормы минеральных удобрений рассчитывали расчетно-балансовым методом для получения запланированной урожайности.

Действие нефтяного загрязнения и приемов рекультивации на продуктивность культур изучали в севообороте: яровая пшеница – ячмень – яровой рапс – просо. В данном сообщении обобщена информация о влиянии испытанных приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы на урожайность ярового рапса, который возделывался согласно схеме севооборота, через 3, 7 и 11 лет после загрязнения почвы нефтью.

Результаты. Данные таблиц 1 и 2 показывают, что в 2007 г., то есть спустя 3 года после загрязнения, нефть оказала сильное негативное влияние на яровой рапс: урожайность маслосемян снизилась в сравнении с контролем (незагрязненная почва) почти в 5 раз, а соломы – в 3 раза.

Во второй ротации севооборота (через 7 лет после загрязнения) негативное влияние нефтяного загрязнения на растения заметно ослабло без каких-либо приемов рекультивации, благодаря чему урожайность рапса, по сравнению с данными 2007 г., выросла более чем в 2 раза.

1. Действие приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы

на урожайность маслосемян ярового рапса

Варианты опыта	Давность загрязнения*		
	3 года	7 лет	11 лет
	Урожайность маслосемян, г/м ²		
Незагрязненная почва (контроль)	153	164	137
Загрязненная почва (ЗП)	34	79	95
ЗП + рыхление	92	88	100
ЗП + рыхление + известкование	96	95	103
ЗП + рыхление + известкование +NPK	129	167	186
ЗП + рыхление + известкование +биопрепарат Байкал ЭМ-1	115	123	134
НСР ₀₅	9	10	13

Примечание: * - время, прошедшее с момента загрязнения почвы до посева сельскохозяйственной культуры.

2. Действие приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность соломы ярового рапса

Варианты опыта	Давность загрязнения		
	3 года	7 лет	11 лет
	Урожайность соломы, г/м ²		
Незагрязненная почва (контроль)	188	207	191
Загрязненная почва (ЗП)	62	147	142
ЗП + рыхление	117	156	153
ЗП + рыхление + известкование	121	156	156
ЗП + рыхление +известкование +NPK	164	225	275
ЗП + рыхление + известкование +биопрепарат Байкал ЭМ-1	138	182	195
НСР ₀₅	10	11	15

Урожайные данные 2015 г. свидетельствуют о сохранении заметной фитотоксичности почвы и через 11 лет после загрязнения нефтью. Без приемов рекультивации на нефтезагрязненной почве урожайность маслосемян и соломы снизилась по отношению к контролю соответственно на 42 и 51 г/м².

На рисунке 1 наглядно иллюстрируется зависимость урожайности рапса от давности загрязнения почвы без каких-либо приемов рекультивации. С одной стороны, представленные графики свидетельствуют о сохранении негативного влияния на продуктивность ярового рапса однократного нефтяного загрязнения в течение не менее 11 лет. С другой стороны, показанная информация обнаруживает постепенное самоочищение нефтезагрязненной серой лесной почвы. Выявилась тесная положительная корреляция между давностью загрязнения и урожайностью как основной, так и побочной продукции. Как видно, коэффициенты детерминации (R^2) урожайности маслосемян и соломы рапса от давности однократного загрязнения нефтью составили соответственно 0,996 и 0,804.

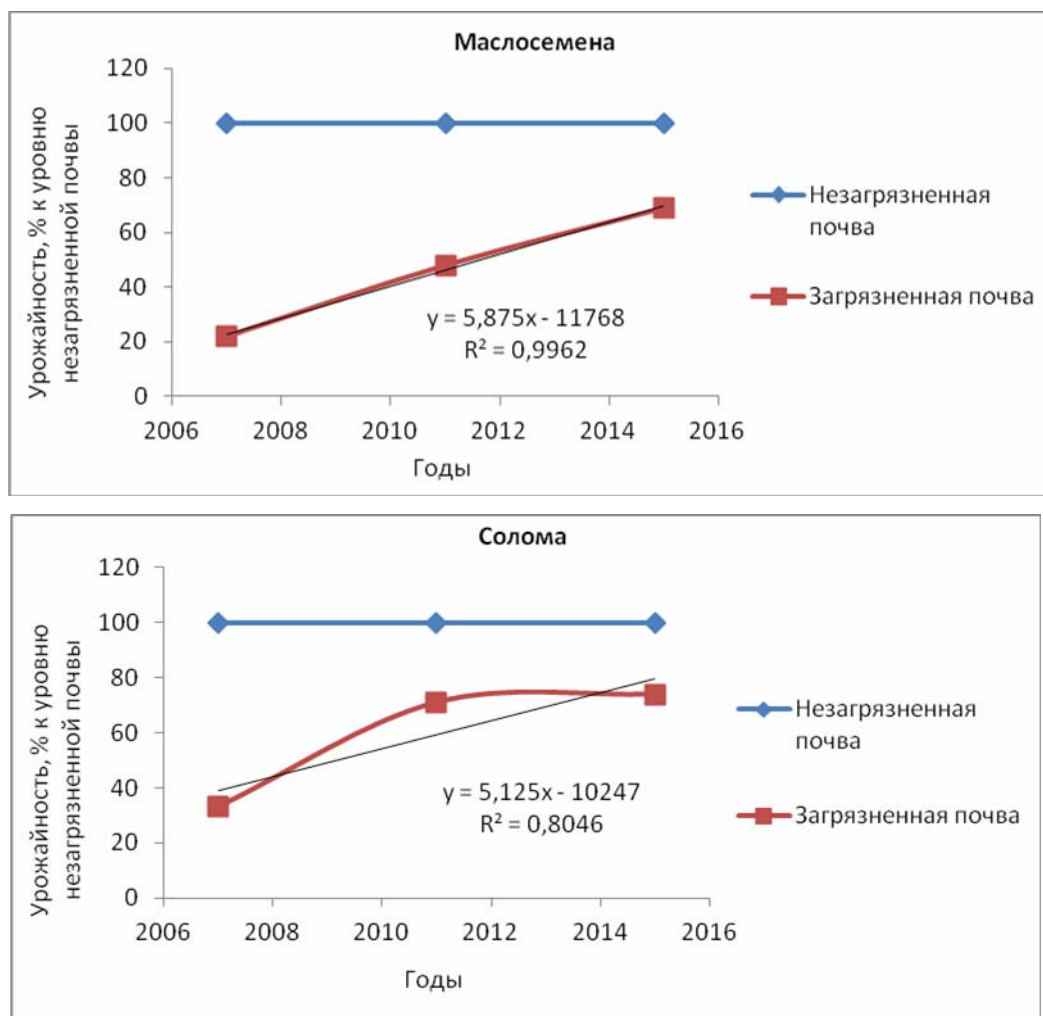


Рис. 1. Урожайность ярового рапса на нефтезагрязненной почве (без приемов рекультивации) в зависимости от давности загрязнения

Данные таблиц 1 и 2 указывают на высокую эффективность испытанных приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы. В 2007 г. от приемов рекультивации урожайность маслосемян рапса возросла примерно в 2,7-3,8 раза. Максимальная урожайность маслосемян (129 г/м^2) была получена по варианту опыта «рыхление + известкование + NPK». Этой комбинации несколько уступал вариант рекультивации «рыхление + известкование + биопрепарат Байкал ЭМ-1», то есть влияние минерального удобрения на урожайность рапса было более существенным, чем биопрепарата. Урожайные данные в последующие годы показали, что наиболее действенным вариантом рекультивации было сочетание «рыхление + известь + NPK». В 2011 году урожайность маслосемян рапса по этому варианту рекультивации достигла контрольного (незагрязненная почва) уровня.

На рисунке 2 представлены прибавки урожая маслосемян и соломы от отдельных приемов рекультивации. Они показывают, что в первый срок наблюдения (2007 г.)

наиболее эффективным приемом рекультивации оказалось рыхление нефтезагрязненной почвы. Напомним, что в вариантах опыта с рыхлением в течение двух лет после загрязнения почву содержали по системе чистого пара. Десятикратное рыхление почвы за один вегетационный период проводили на глубину от 5 до 25 см.

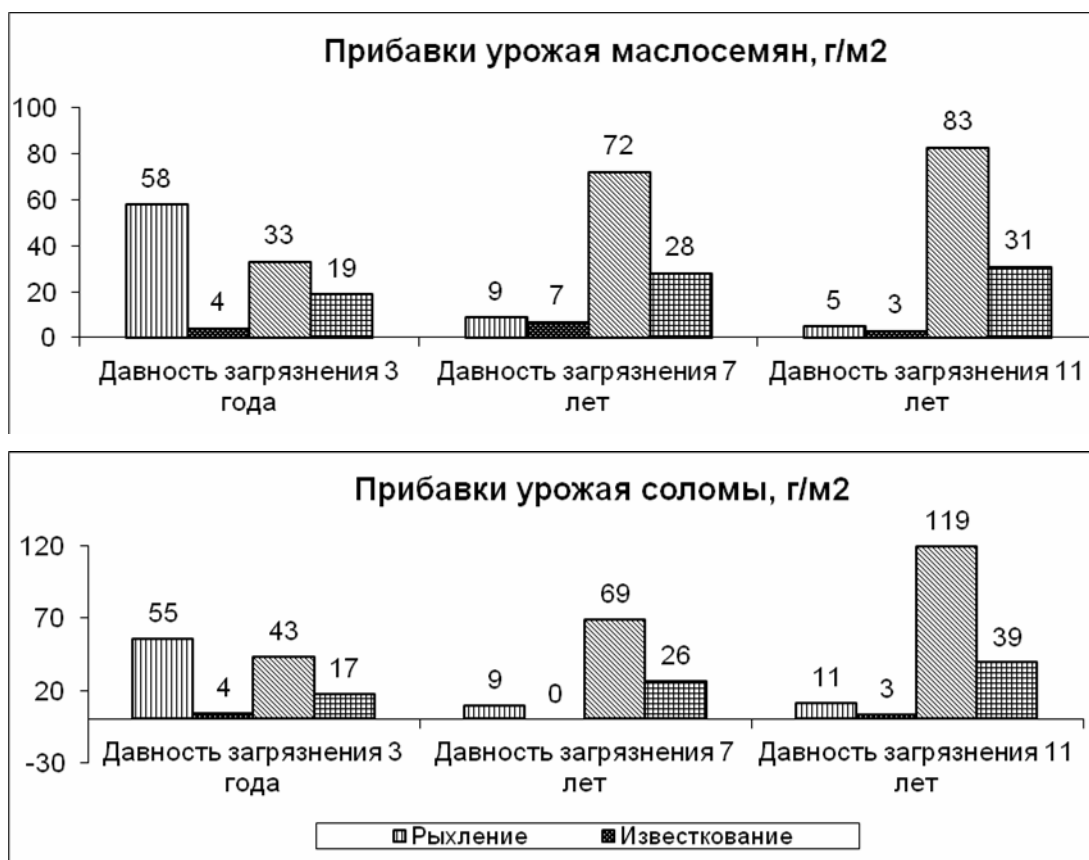


Рис. 2. Прибавки урожая ярового рапса на нефтезагрязненной серой лесной почве от испытанных приемов рекультивации

Такая обработка позволяла попеременно рыхлить сначала верхний, а потом нижний слой загрязненной почвы. В последующие годы, в зависимости от сроков сева, 2-4 рыхления проводили до посева подопытных культур. Благодаря рыхлению почвы урожайность маслосемян и соломы ярового рапса возросла соответственно в 2,70 и 1,89 раза.

Второй результат дало внесение минеральных удобрений ($N_{94}P_{123}K_{81}$), нормы которых были установлены расчетно-балансовым методом для получения 180 г/м² маслосемян. Они на нефтезагрязненной почве не обеспечили формирование запланированной урожайности, но позволили получить существенную прибавку урожая маслосемян – 33 г/м². Ещё более заметно выросла под действием минеральных удобрений урожайность соломы – на 43 г/м². Прибавка урожая маслосемян от биопрепарата Байкал ЭМ-1 была в 1,7 раза меньше, чем от NPK.

Прибавки урожая маслосемян и соломы рапса от известкования оказались

статистически несущественными, возможно в связи с тем, что исходная (незагрязненная) почва имела слабокислую реакцию. Можно предположить, что такая реакция среды для углеводородокисляющих микроорганизмов и ярового рапса не оказала заметного негативного влияния.

Во второй срок наблюдения (через 7 лет после загрязнения) обнаружилось существенное изменение эффективности отдельных приемов рекультивации. Главным фактором, оказавшим наибольшее влияние на урожайность в 2011 г., стало внесение полного минерального удобрения ($N_{94}P_{121}K_{79}$), что позволило получить 72 г/м^2 прибавки маслосемян и достичь уровня урожайности на удобренной незагрязненной почве. Во второй срок наблюдения значимость рыхления почвы резко упала: прибавки урожая от рыхления оказались меньше наименьшей существенной разницы. Как и в предыдущей ротации севооборота, известкование статистически значимого положительного влияния на урожайность рапса не оказало.

В 2015 году прибавки урожая рапса от рыхления и известкования оказались в пределах ошибки опыта. Повышение урожайности рапса на загрязненной почве произошло, главным образом, благодаря минеральным удобрениям, нормы которых были установлены расчетно-балансовым методом ($N_{94}P_{119}K_{78}$). Как рекультивирующий фактор биопрепарат Байкал ЭМ-1 существенно уступал испытанным нормам минерального удобрения. Так, прибавки урожая маслосемян и соломы от инокуляции почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 оказались соответственно в 2,67 и 3,05 раза меньше прибавок от полного минерального удобрения.

Следовательно, значимость испытанных приемов рекультивации существенным образом изменилась во времени: если в первое время (в течение не менее трех лет после загрязнения) на продуктивность ярового рапса наибольшее положительное влияние оказало интенсивное рыхление почвы, то в дальнейшем на урожайность наибольшее действие обнаружило внесение минеральных удобрений и биопрепарата. Отмеченное изменение характера воздействия приемов рекультивации на урожайность рапса отчетливо иллюстрируется рисунком 3.

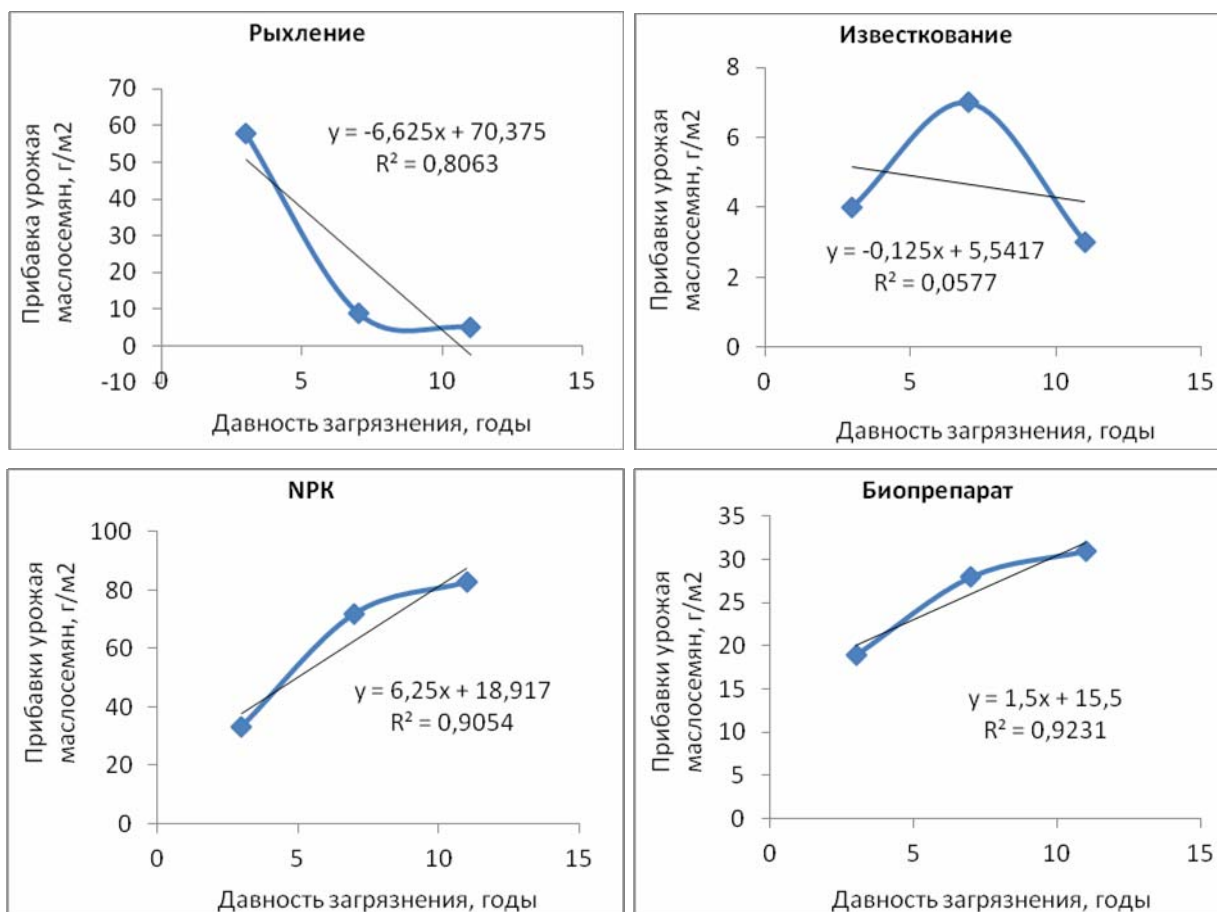


Рис.3. Характер изменения прибавок урожая маслосемян рапса от приемов рекультивации в зависимости от давности нефтяного загрязнения

Выводы.

1. Снижение урожайности ярового рапса, возделываемого на маслосемена, от однократного загрязнения серой лесной почвы нефтью из расчета 20 л/м² наблюдалось в течение не менее 11 лет.
2. Обнаружилась тесная положительная корреляция между давностью загрязнения почвы и урожайностью ярового рапса ($R^2=0,804\div0,996$), что свидетельствует о возможности медленной детоксикации нефтезагрязненной почвы лесостепной зоны РФ без каких-либо приемов рекультивации.
3. По влиянию на урожайность ярового рапса, возделываемого через три года после загрязнения, отдельные приемы рекультивации расположились в следующий убывающий ряд: рыхление почвы > внесение NPK > инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 > известкование. В последующие годы значимость рыхления почвы существенно снизилась при одновременном резком возрастании роли полного минерального удобрения.
4. Прибавки урожая маслосемян рапса от инокуляции нефтезагрязненной почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 оказались примерно в 1,7-2,6 раза ниже прибавок от полного

минерального удобрения.

5. Известкование нефтезагрязненной слабокислой серой лесной почвы не обеспечило получение достоверной прибавки урожая ярового рапса.

6. Максимальная урожайность маслосемян ярового рапса во все годы исследования была получена по варианту опыта «рыхление + известкование + NPK».

Литература

1. Солнцева, Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н.П. Солнцева. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.

2. Рудницкий, Л. Топят по-чёрному / Л. Рудницкий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://versia.ru/articles/2013/jan/28/topyat_po-chernomu. (Дата обращения: 22.01.2015).

3. Галеев, Р.Г. Техногенез и экологический мониторинг Юго-Востока Республики Татарстан / Р.Г. Галеев, Р.Х. Муслимов, Г.И. Васясин и др. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1995. – 244 с.

4. Гилязов, М.Ю. Агроэкологическая характеристика и приемы рекультивации нефтезагрязненных черноземов Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов, И.А. Гайсин – Казань: ФЭН, 2003. – 228 с.

5. Гилязов, М.Ю. Нефтезагрязненные почвы Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов // Агрохимический вестник. – 2001. – № 6. – С. 21-24.

6. Гилязов, М.Ю. Изменение некоторых агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении товарной нефтью в условиях Татарстана / М.Ю. Гилязов // Почвоведение. – 2002. – № 12. – С. 1515-1519.

7. Гилязов, М.Ю. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня и давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы /М.Ю. Гилязов, А.Р. Равзутдинов // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 2 (32). – С. 8-11.

8. Хазиев, Ф.Х. Экология почв Башкортостана / Ф.Х. Хазиев. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. – 312 с.

Literature

1. Solntseva, N.P. Oil mining and geochemistry of natural landscapes / N.P. Solntseva. – M.: Publ. of MSU, 1998. – 376 p.

2. Rudnitsky, L. Hard stoking / L. Rudnitsky [e-resource]. – Regime of access: http://versia.ru/articles/2013/jan/28/topyat_po-chernomu. (date: 22.01.2015).

3. Galeev, R.G. Technogenesis and ecological monitoring of the South-East of the Republic of Tatarstan / R.G. Galeev, R.Kh. Muslimov, G.I. Vasyasin, et al. – Kazan: Publ.of Kazan Un., 1995. – 244 p.

4. Gilyazov, M.Yu. Agroecological characteristics and methods of reclamation of oil-contaminated black soils (chernozems) of the Republic of Tatarstan / M.Yu. Gilyazov, I.A. Gaysin. – Kazan: FEN, 2003. - 228 p.
5. Gilyazov, M.Yu. The oil-contaminated soils of the Republic of Tatarstan / M.Yu. Gilyazov // Agrochemical Newsletter. – 2001. – № 6. – PP. 21-24.
6. Gilyazov, M.Yu. Change of some agrophysical properties of leached chernozem during contamination with commercial oil in Tatarstan / M.Yu. Gilyazov // Soil Study. – 2002. – № 12. – PP. 1515-1519.
7. Gilyazov, M.Yu. Crop productivity depending on the level and prescription of oil pollution of grey forestry soil / M.Yu. Gilyazov, A.R. Ravzutdinov // Grain Economy of Russia. – 2014. – № 2 (32). – PP. 8-11.
8. Khaziev, F.Kh. Ecology of Bashkortostan soils / F.Kh. Khaziev. – Ufa: AN RB, Gilem, 2012. – 312 p.