**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВ РАПСОВОГО МАСЛА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ****Овчинников Е.В., Уютов С.Ю.**

Реферат. Исследования проводили с целью улучшения химмотологических свойств чистого рапсового масла, используемого в дальнейшем в качестве дизельного топлива, до уровня, максимально приближенного к традиционному топливу на основе нефти. В экспериментах определяли изменение вязкости рапсового масла и его пригодности для использования в качестве дизельного топлива после предварительной обработки по гидротермальной технологии. Обработку масла проводили на макетном образце установки для улучшения химмотологических качеств дизельного топлива из растительных масел в течение 5 минут при давлении в реакторе от 70 до 90 атм. и температуре от 70 до 130°C. После этого их пропускали через активатор жидкости, установленный на выходе из реактора, который благодаря рассекателям, расположенным на пути движения потока, обеспечивал формирование смеси газообразной и жидкой фракций, обладающей повышенной реакционной способностью. Сравнение эффективности использования в качестве топлива рапсового масла, обработанного таким образом, с чистым рапсовым маслом холодного отжима осуществляли на стендовом оборудовании. Гидротермальная деструкция рапсового масла холодного отжима обеспечивает снижение его кинематической вязкости на 16,4 %. Топливо из такого подвержено лучшей самовоспламеняемости в цилиндре двигателя, о чем свидетельствует уменьшение объема попадания рапсового масла в картер на 40 % и снижение его расхода в среднем на 6 %, по сравнению с обычным рапсовым маслом холодного отжима. Улучшение химмотологических свойств рапсового масла до уровня, приближенного к дизельному топливу, позволяет рассматривать возможности его использования без значительных капиталовложений в переоборудование техники.

Ключевые слова: растительные масла, рапсовое масло, вязкость, моторное топливо, топливная система, активатор топлива, химмотологические качества топлива.

Введение. Анализ результатов различных исследований свидетельствует, что практически все технические проблемы, возникающие на разных стадиях жизненного цикла биологических видов моторного топлива, обусловлены некоторыми отличиями их физико-химических и эксплуатационных свойств от свойств моторного топлива на основе нефти [1, 2, 3]. При этом среди главных из них можно выделить повышенную плотность и кинематическую вязкость, косвенно характеризующие испаряемость топлива – эксплуатационное свойство, влияющее на такие параметры процессов топливоподачи и смесеобразования, как текущая и средняя скорости впрыска; общее количество впрыскиваемого топлива; распределение, глубина и характеристики факела впрыскиваемого топлива; интенсивность смесеобразования и температура самовоспламенения [4, 5, 6]. Для изменения химмотологических качеств рапсового масла проводили эксперименты с выделением фенольных смол с использованием микроволн [7], предпринимали попытки синтеза биодизельного топлива или алкилового эфира жирных кислот путем переэтерификации метилформиадом [8], исследовали превращения рапсового масла в метиловые эфиры жирных кислот и триацетин путем обработки сверхкритического метилацетата с использованием его в качестве реакционно-го растворителя при производстве биодизельного топлива [9].

Среди направлений повышения эффективности использования чистого рапсового масла в качестве топлива и снижения его негативно-го воздействия на топливную систему и систе-

му смазки двигателя можно назвать разработку адаптированных ТНВД и оптимизацию характеристик впрыска, доработку камер сгорания и улучшение характеристик смесеобразования, разработку систем подогрева топливного бака и топливопроводов [10, 11]. Однако решение этих задач связано с определенными экономическими и временными затратами.

Цель наших исследований – улучшение химмотологических свойств чистого рапсового масла, используемого в дальнейшем в качестве дизельного топлива, для снижения его попадания в картерное масло до уровня, максимально приближенного к традиционному топливу на основе нефти.

Условия, материалы и методы исследований. Вязкость рапсового масла можно уменьшать путем физического воздействия. При нагревании до 80 °C она достигает уровня, соответствующего вязкости товарного дизельного топлива [14]. Однако до такой температуры рапсовое масло должно нагреваться с использованием технических средств, установленных на автотракторной технике. В нашем исследовании была предпринята попытка доведения его физико-химических свойств до необходимого уровня в стационарных условиях.

Для уменьшения вязкости биологических видов моторного топлива, в нашем случае рапсового масла (ГОСТ 8988-77), разработаны технология и комплекс технических решений, включающий макетный образец установки для улучшения химмотологических качеств дизельного топлива из растительных масел (рис. 1) с использованием гидротермальных процессов и активатора жидкости с различными се-

Рисунок 1 – Макетный образец установки: 1 – бак для растительного масла, 2 – индикатор температуры масла в реакторе, 3 – пульт управления, 4 – электродвигатель, 5 – масляный насос НШ-10, 6 – датчик температуры масла в реакторе, 7 – манометр, 8 – гидравлический распределитель Р80-3/1-22, 9 – реактор, 10 – активатор жидкости, 11 – рукава высокого давления

чениями каналов и количеством рассекателей [12, 13].

При работе макетного образца установки рапсовое масло из топливного бака нагнетали в реактор (металлическая колба с толщиной стенок 10 мм), способный выдерживать давление до 150 атмосфер, насосом высокого давления НШ-8, приводимым в действие от трехфазного электродвигателя. Давление в реакторе поддерживали насосом высокого давления НШ-8, настройку осуществляли через механический пружинный клапан, регулирующий давление потока на впуске в реактор. Объем реактора равен 6 л, рапсовым маслом заполняли 4 л. Далее проводили его нагрев с помощью нагревателя, установленного в реакторе, со скоростью 20 °C в минуту при необходимом давлении. Для определения влияния температуры и давления на физико-химические свойства рапсового масла провели три опыта с разными величинами этих параметров: соответственно 70 °C и 70 атм.; 90 °C и 80 атм.; 130 °C и 90 атм. Учитывая малую изученность этих вопросов, шаг в несколько десятков пунктов был выбран с целью снижения погрешности.

Температуру реактора измеряли термопарой, установленной совместно с электрическим подогревателем внутри реактора [15], и поддерживали на заданном уровне (± 5 °C) в течение 5 минут. После чего система управления открывала электронный клапан на выходе из реактора. Жидкость проходила через активатор (рис. 2), состоящий из корпуса 1, который может иметь любую геометрическую форму, с каналом, также любой формы, в котором размещены два или более рассекателя 2. Поток рапсового масла попадал на острые кромки рассекателей, расположенные на пути его движения. Это сопровождалось появлением смеси газообразной и жидкой фракций, обладающей повышенной способностью к протеканию химических реакций [13]. Механическая де-

струкция топлива, представляющего собой объемную смесь длинных углеводородных цепочек, сводится к их разрыву. При этом образуются свободные радикалы, которые способны более активно вступать в реакцию с другими элементами, в частности с кислородом, что и обеспечивает улучшение сгорания активированного масла.

Активированное рапсовое масло поступало в мерный стакан объемом 1 л, времени его наполнения (от 5 до 10 с в зависимости от давления в реакторе) было достаточно для снижения вязкости, так как необходимое воздействие происходит очень быстро.

После этого образцы рапсового масла помещали в прозрачную баню TAMSON TV2000 и с помощью вискозиметра «Cannon-Fenske Routine» с диапазоном измерения 20...100 мм²/с определяли время истечения жидкости

Рисунок 2 – Активатор с каналом прямоугольного сечения и двумя рассекателями:

1 – корпус, 2 – рассекатель, I – направление движения потока жидкости, S – зазор между острыми кромками рассекателей

Таблица 1 – Результаты опытной проверки эффективности макетной установки по снижению вязкости

Рапсовое масло	Температура в реакторе, °С	Давление в реакторе, атм.	Время истечения масла, мин	Кинематическая вязкость масла, мм ² /с
Без обработки	-	–	5,17 7,28	41,9 41,8
1-й опыт	70	70	5,01 7,1	40,6 40,7
2-й опыт	90	80	4,55 6,46	36,8 37,1
3-й опыт	130	90	4,35 6,1	35,2 35,0

через две контрольные точки (постоянная вискозиметра (K) при 20 °С для первой отметки (K_1) составляла 0,13516 мм²/с², для второй (K_2) – 0,09568 мм²/с²). Затем рассчитывали кинематическую вязкость по формуле:

$$V = K \cdot t \cdot \left(\frac{q}{9,807} \right),$$

где V – кинематическую вязкость жидкости, мм²/с;

t – время истечения жидкости, с;

q – ускорение свободного падения, м/с².

С целью оценки изменения пригодности рапсового масла для использования вместо традиционного дизельного топлива были проведены сравнительные стендовые испытания на двигателе Минского моторного завода ММЗ Д-243 (4-х цилиндровый, рядный, вертикальный с непосредственным впрыском, диаметр цилиндра – 110 мм, ход поршня – 125 мм, рабочий объем двигателя – 4750 см³, степень сжатия – 16:1, номинальная мощность – 59,6 кВт, номинальная частота вращения двигателя – 1750 об/мин). Эксперименты осуществляли в лаборатории на нагрузочном стенде для двигателей с мощностью до 165 кВт Dynas3 HT (High Torque) – HT 165, укомплектованном приборами, обеспечивающими точность измерений в соответствии с ГОСТ 18509, расход топлива определяли с использованием расходомера фирмы AVL.

Испытания проводили в течении восьми часов со снятием характеристик на холостом ходу при частоте вращения коленчатого вала двигателя в диапазоне от 800 до 2300 мин⁻¹ и регулировочных характеристиках с незначительной нагрузкой на шестнадцати режимах (точках). Более продолжительные испытания могли вызвать попадание в картер двигателя критических объемов масла и привести к гидроудару.

Предварительно двигатель прогревали до рабочей температуры, после чего картерное масло сливали (в течение 3 ч). Затем в картер заливали 12 л свежего минерального масла М-10ДМ SAE 30 (рекомендация завода изготовителя) и прогревали двигатель до рабочей температуры на дизельном топливе. После этого он в течение восьми часов работал на холостом ходу на рапсовом масле в качестве топлива. Затем картерное масло опять полностью

сливали (в течение 3 ч). Далее программу испытаний повторяли с использованием в качестве топлива рапсового масла после деструкции и активации. При проведении последующих расчетов угаром картерного масла пренебрегли из-за низкой нагрузки. Кроме того, в процессе работы на холостом ходу, часть не сгоревшего рапсового масла попадала в выпускной коллектор (количественные измерения не проводили).

Анализ и обсуждение результатов исследований. Использование макетного образца установки для улучшения химмотологических качеств дизельного топлива из растительных масел обеспечило снижение кинематической вязкости рапсового масла холодного отжима в зависимости от варьирования температуры и давления в реакторе на 3,1...16,4 % (табл. 1).

Результаты стендовых испытаний по определению влияния рапсового масла в качестве топлива на систему смазки двигателя ММЗ Д-243 показали, что при использовании обычного рапсового масла объем картерного масла увеличился на 3,21 л. При его замене на рапсовое масло, подвергнутое гидротермальной деструкции, в картер двигателя попадало 1,92 л, что на 40 % меньше.

Расчет часового расхода (табл. 2), проведенный по данным экспериментальных измерений, показал, что в среднем за 8 ч работы двигателя на холостом ходу замена обычного рапсового масла в качестве топлива на активированное обеспечила его снижение на 6 %.

Сравнение результатов представленного исследования с данными, полученными ранее при испытании системы адаптации дизельного двигателя для работы на рапсовом масле холодного отжима [16], свидетельствует о возможности снижения себестоимости использования растительных масел в качестве моторного топлива для дизельных ДВС путем уменьшения затрат на адаптацию элементов системы питания.

С учетом того, что в современных условиях затраты на топливо составляют до 20...30 % себестоимости сельхозпродукции, использование в таком качестве рапсового масла обеспечит ее значительное уменьшение и принесет дополнительную прибыль от реализации отходов производства рапсового масла (жмыха и шрота), которые представля-

Таблица 2 – Результаты сравнительных испытаний по определению расхода рапсового масла

№	Нагрузка на тормоз (Р _т), кгс	Частота вращения вала двигателя (n _e), об/мин	Длительность режима, мин	Часовой расход рапсового масла в качестве топлива (G), кг/ч		Мощность двигателя (N _e), кВт
				до деструкции	после деструк-	
1	0,5	650	5	1,1	1,02	0,33
2	2,75	2200	35	4,66	4,17	6,21
3	6,75	1300	35	3,38	3,18	9,01
4	0,5	650	60	1,12	1,02	0,33
5	5,3	1650	35	1,8	1,71	8,98
6	0,5	650	30	1,08	1,01	0,33
7	4,4	2000	35	5,44	5,06	9,04
8	0,5	650	5	1,08	1,01	0,33
9	0,5	650	5	1,09	1,01	0,33
10	2,75	2200	35	1,65	1,52	6,21
11	6,75	1300	35	3,39	3,16	9,01
12	0,5	650	60	1,11	1,03	0,33
13	5,3	1650	35	1,82	1,71	8,98
14	0,5	650	30	1,09	1,01	0,33
15	4,4	2000	35	5,2	4,88	9,04
16	0,5	650	5	1,1	1,01	0,33

ют собой высокопротеиновый кормовые добавки для животноводства [16, 17].

Выводы. Гидротермальная деструкция рапсового масла холодного отжима обеспечивает снижение его кинематической вязкости на 16,4 %. Топливо из такого масла обладает улучшенными химмотологическими качествами и подвержено лучшей самовоспламеняемости в цилиндре двигателя, о чем свидетельствует уменьшение объема попадания рапсового масла в картер на 40 % и снижение расхода в среднем на 6 %, по сравнению с использованием в виде топлива обыч-

ного рапсового масла холодного отжима.

Улучшение химмотологических свойств рапсового масла до уровня, приближенного к дизельному топливу, позволяет рассматривать возможности его использования без значительных капиталовложений в переоборудование техники. Это, в свою очередь, будет способствовать расширению масштабов применения дизельного топлива из растительных масел, снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду и уменьшению себестоимости готовой продукции.

Литература

1. Bietresato M., Friso D. Durability test on an agricultural tractor engine fuelled with pure biodiesel (B100) // *Turk J Agric For.* 2014. Vol. 38. Pp. 214-223. doi:10.3906/tar-1302-51
2. Vegetable Oils as Fuels in Diesel Engine / A. Corsini, A. Marchegiani, F. Rispoli, et al. // *Engine Performance and Emissions. Energy Procedia.* 2015. Vol. 81. Pp. 942-949 doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.151
3. Dabi M., Saha U.K. Application potential of vegetable oils as alternative to diesel fuels in compression ignition engines: a review // *Journal of the Energy Institute.* 2019. Vol. 92. Pp. 1710-1726, doi: 10.1016/j.joei.2019.01.003
4. Biodiesel Production Process, Optimization and Characterization of Azadirachta indica Biodiesel in a VCR Diesel / R. Datla, R.K. Puli, V.P. Chandramohan, et al. // *Engine Arab J Sci. Eng.* 2019. Vol. 44. No. 12. Pp. 10141-10154, doi: 10.1007/s13369-019-04072-6
5. Fink R., Medved S. Global perspectives on first generation liquid biofuel production // *Turk J Agric For.* 2011. Vol. 35. Pp. 453-459 doi:10.3906/tar-1005-905
6. Effect of low load combustion and emissions on fuel dilution in lubricating oil and deposit formation of DI diesel engines fueled by straight rapeseed oil / Y. Kidoguchia, Y. Nadaa, S. Sangawaa, et al. // *Fuel.* 2018. Vol. 221. Pp. 35-43 doi: 10.1016/j.fuel.2018.01.031
7. Understanding of the Role of Pretreatment Methods on Rapeseed Oil from the Perspective of Phenolic Compounds / Y. Xu, F. Jiang, J. Song, et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2020. Vol. 68. No. 33. 8847-8854. doi: 10.1021/acs.jafc.0c03539
8. Abelniece Z., Laipniece L., Kampars V. Biodiesel production by interesterification of rapeseed oil with methyl formate in presence of potassium alkoxides // *Biomass Conv Bioref.* 2020. doi: 10.1007/s13399-020-00874-z
9. Saka S., Isayama Y. A new process for catalyst-free production of biodiesel using supercritical methyl acetate // *Fuel.* 2009. Vol. 88. Pp. 1307-1313. doi: 10.1016/j.fuel.2008.12.028
10. Conservation agriculture to promote inland biofuel production in Italy: An economic assessment of rapeseed straight vegetable oil as a self-supply agricultural biofuel / M. Viccaroa, M. Cozzia, B. Rocchib, et al. // *J. Clean. Prod.* 2019. Vol. 217. Pp. 153-161. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.251
11. Yilmaz N., Morton B. Comparative characteristics of compression ignited engines operating on biodiesel produced from waste vegetable oil // *Biomass and Bioenergy.* 2011. Vol. 35. No 5. Pp. 2194-2199 doi: 10.1016/j.biombioe.2011.02.032.
12. Измайлов АЮ., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Использование ресурсосберегающих биоактивных технологических процессов обработки почвы в интеллектуальных машинных технологиях // *Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: сборник научных докладов Международной науч.-технич. конф. М., 2014. С. 16-20.*

13. Шор Б. И. Активатор жидкости. Патент на изобретение РФ 2685629C2, 24.05.2017
14. Количественные соотношения и свойства смесевых систем углеводородного состава для дизельного двигателя / Ю. В. Панков, Л.А. Новопашин, Л. В. Денежко и др. // Аграрный вестник Урала. 2016. № 12 (154). С. 72-76.
15. Овчинников Е.В., Уютов С.Ю., Шевелев С.С. Использование рапсового масла в качестве топлива// Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2019. № 10. С. 25-29.
16. Использование рапсового масла в дизельных двигателях в качестве топлива / С.Ю. Уютов, Е.В. Овчинников, М.Н. Кочетков и др. // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. №10. С. 457-461
17. Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового рапса: метод. рекомендации / В.В. Карпачев, В.П. Савенков, В.И. Горшков и др. // М.: Росинформагротех, 2008. С. 49-51.

Сведения об авторах:

Овчинников Евгений Валентинович, научный сотрудник, e-mail: evo-xpro-info@yandex.ru
 Уютов Сергей Юрьевич, младший научный сотрудник
 Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия

IMPROVING THE QUALITY OF RAPEED OIL FOR USE IN A DIESEL ENGINE
Ovchinnikov E.V., Uytov S.Yu.

Abstract. This article presents experimental studies on changing such chemical properties of vegetable (rapeseed) oil, such as viscosity, for its use as a fuel in diesel engines. With the help of hydrothermal technology, samples of vegetable oil were obtained and laboratory studies were carried out on a viscometer, which showed a decrease in viscosity up to 16%. Oil samples were obtained at different pressures up to 90 atm. and temperatures up to 130 C. All samples were passed through a liquid activator installed at the outlet of the reactor, which, due to spargers located in the path of the flow, provided the appearance of a gaseous and liquid mixture with an increased ability to mix and conduct chemical reactions. The reactor was a metal flask with a wall thickness of 10 mm, a volume of 6 liters, with installed temperature and pressure sensors, and a heating element for heating oil. The pressure was provided by a gear pump driven by a 3 kW electric motor. For the safety of testing, an automatic pressure and temperature regulator in the reactor, installed in the control panel, was developed. In order to compare with pure cold-pressed rapeseed oil, comparative tests were carried out on bench equipment of the laboratory, which showed the effectiveness of this technology and obtaining the characteristics of engine operation on rapeseed oil as close as possible to diesel fuel. During the research, quantitative indicators of the ingress of rapeseed oil into the engine crankcase were also determined. When using cold-pressed rapeseed oil, this figure after eight-hour tests at idle at different speeds was 3.21 liters. After the processing of rapeseed oil in the reactor and repeated tests, the oil in the engine crankcase was measured, where it was 1.92 liters, which was 60% of the previous experience.

Keywords: vegetable oils, rapeseed oil, viscosity, motor fuel, fuel system, fuel activator, chemical properties of fuel.

References

1. Bietresato M, Friso D. [Durability test on an agricultural tractor engine fuelled with pure biodiesel (B100)]. Turk J Agric For. 2014; 38: 214 p. doi:10.3906/tar-1302-51
2. Corsini A, Marchegiani A, Rispoli F. [Vegetable oils as fuels in diesel engine]. Engine performance and emissions. Energy procedia. 2015; 81: 942 p. doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.151
3. Dabi M, Saha UK. [Application potential of vegetable oils as alternative to diesel fuels in compression ignition engines: a review]. Journal of the Energy Institute. 2019; 92: 1710 p. doi: 10.1016/j.joei.2019.01.003
4. Datla R, Puluri RK, Chandramohan VP. Biodiesel production process, optimization and characterization of Azadirachta indica biodiesel in a VCR diesel]. Engine Arab J Sci. Eng. 2019; 44 (12): 10141 p. doi: 10.1007/s13369-019-04072-6
5. Fink R, Medved S. [Global perspectives on first generation liquid biofuel production]. Turk J Agric For. 2011; 35: 453 p. doi:10.3906/tar-1005-905
6. Kidoguchia Y, Nadaa Y, Sangawaa S. [Effect of low load combustion and emissions on fuel dilution in lubricating oil and deposit formation of DI diesel engines fueled by straight rapeseed oil]. Fuel. 2018; 221: 35 p. doi: 10.1016/j.fuel.2018.01.031
7. Xu Y, Jiang F, Song J. [Understanding of the role of pretreatment methods on rapeseed oil from the perspective of phenolic compounds]. Journal of agricultural and food chemistry. 2020; 68 (33): 8847 p. doi: 10.1021/acs.jafc.0c03539
8. Abelniece Z, Laipniece L, Kampars V. [Biodiesel production by interesterification of rapeseed oil with methyl formate in presence of potassium alkoxides]. Biomass Conv Bioref. 2020; doi: 10.1007/s13399-020-00874-z
9. Saka S, Isayama Y. [A new process for catalyst-free production of biodiesel using supercritical methyl acetate]. Fuel. 2009; 88: 1307 p. doi: 10.1016/j.fuel.2008.12.028
10. Viccaro M, Cozzia M, Rocchib B, Clean J. [Conservation agriculture to promote inland biofuel production in Italy: An economic assessment of rapeseed straight vegetable oil as a self-supply agricultural biofuel]. Prod. 2019; 217: 153 p. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.251
11. Yilmaz N, Morton B. [Comparative characteristics of compression ignited engines operating on biodiesel produced from waste vegetable oil]. Biomass and Bioenergy. 2011; 35 (5): 2194 p. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.02.032
12. Izmailov AYU, Lobachevskii YaP, Sizov OA. Ispol'zovanie resursosberegayushchikh bioaktivnykh tekhnologicheskikh protsessov obrabotki pochvy v intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiyakh. Innovatsionnoe razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologii: sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoi nauch.-tekhnich. konf. [The use of resource-saving bioactive technological processes of soil cultivation in intelligent machine technologies. Innovative development of the agro-industrial complex of Russia on the basis of intelligent machine technologies: collection of scientific reports of International scientific and technical conference]. Moscow. 2014; 16 p.
13. Shor BI. Aktivator zhidkosti. [Liquid activator]. Patent na izobretenie RF 2685629C2, 24.05.2017.
14. Pankov YuV, Novopashin LA, Denezhko LV. [Quantitative ratios and properties of mixed systems of hydrocarbon composition for a diesel engine]. Agrarnyi vestnik Urala. 2016; 12 (154): 72 p.
15. Ovchinnikov EV, Uytov SYU, Shevelev SS. [The use of rapeseed oil as fuel]. Sel'skokhozyaistvennaya tekhnika: obsluzhivaniye i remont. 2019; (10): 25 p.
16. Uytov SYU, Ovchinnikov EV, Kochetkov MN. [Using rapeseed oil in diesel engines as fuel]. Innovatsii v sel'skom khozyaistve. 2018; (10): 457 p.
17. Karpachev VV, Savenkov VP, Gorshkov VI. Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva yarovogo rapsa: metod. rekomendatsii. [Promising resource-saving technology for the production of spring rapeseed: methodical recommendations]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2008; 49 p.

Authors:

Ovchinnikov Evgeniy Valentinovich - a researcher, e-mail: evo-xpro-info@yandex.ru
 Uytov Sergey Yurievich - junior researcher
 Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia