ХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ. 2026. №2. С. 319–324.
KHIMIYA RASTITEL'NOGO SYR'YA, 2026, no. 2, pp. 319–324.
DOI: 10.14258/jcprm.20260219084

УДК 633.853

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОЗРЕВАНИЯ СЕМЯН РАПСА ЯРОВОГО В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ В 2025 г.

© ***А.А. Ефремов*, В.В. Немихин, В.Ф. Шабанов***

*Институт космических технологий ФИЦ «Красноярский научный центр» СО РАН, Академгородок, 50, Красноярск, 660036, Россия, AEfremov15@mail.ru*

В статье исследована динамика накопления жирного масла в семенах рапса ярового сортов Сибирский, Надежный 92 и сорта 595, выращиваемых в Красноярской лесостепи в период интенсивного созревания семян (август-сентябрь 2025 г.), и динамика накопления высших жирных кислот в составе масла. Жирное масло выделяли экстракцией диэтиловым эфиром в течение 6–8 ч на кипящей водяной бане. Содержание масла рассчитывали по убыли веса образца после экстракции, а также по весу выделившегося масла. Все эксперименты проводились в трех параллелях, а ошибка определений составляла не более 0.1–0.3%. Установлено, что содержание масла непрерывно возрастает в период созревания семян, достигая величины 39.9–43.3%. Наибольшее содержание масла обнаружено в семенах рапса ярового сорта Сибирский. Методом ХМС подобраны условия полного разделения всех кислот масла в виде метиловых эфиров на неполярной капиллярной колонке. Показано, что во всех исследованных сортах рапса присутствуют следующие кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, эйкозеновая, эйкозановая и эруковая. Установлено, что в конце срока созревания наблюдается заметное увеличение содержания олеиновой кислоты и уменьшение содержания эруковой кислоты. По содержанию эруковой кислоты рапсовое масло исследуемых сортов относится к пищевому маслу.

*Ключевые слова:* семена рапса, жирное масло, динамика накопления жиров и жирных кислот.

**Для цитирования:** Ефремов А.А., Немихин В.В., Шабанов В.Ф. Закономерности созревания семян рапса ярового в Красноярской лесостепи в 2025 г. // Химия растительного сырья. 2026. №2. С. 319–324. https://doi.org/10.14258/jcprm.20260219084.

## *Введение*

Среди масличных культур наиболее распространенными являются подсолнечник, соя и яровой рапс [1–7], причем в последние десятилетия площади посевов рапса значительно увеличились. В 2024 году посевы рапса ярового занимали в РФ 2.4 млн га. Средняя урожайность семян рапса составляла 16.8–17.0 ц/га (иногда достигало до 33.7 ц/га) [1–3].

В Красноярском крае посевная площадь под рапс наибольшая в РФ и составляла в 2024 году 265.5 тыс. га, а в 2025 – 300 тыс. га. Среди лидеров по площадям посевов рапса ярового оказываются: 1. Красноярский край; 2. Алтайский край; 3. Татарстан; 4. Новосибирская область; 5. Кемеровская область; 6. Омская область [8].

Известно значительное количество сортов рапса ярового, которые культивируются в России, основное внимание при этом уделяется урожайности семян рапса.

Семена рапса ярового содержат в своем составе жирное масло в количестве 35–48% [1–3], а кроме того, надземная часть растений и жмых семян рапса являются ценным кормом сельскохозяйственных животных, богатым протеином, белками и аминокислотами. Яровой рапс является также хорошим сидератом (оставляет после уборки растительные остатки, равноценные внеению10–15 тонн на 1 гектар навоза) и ценной медоносной культурой для пчел (около 90 кг меда с гектара) [9–11].

Жирное масло рапса ярового может быть как пищевым, так и техническим, определяемое в основном содержанием эруковой кислоты – $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{11}COOH$ [12], относящейся к омега-9, пороговое содержание которой для пищевого масла должно быть не более 5% от суммы всех кислот масла.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Анализ литературных данных показывает, что динамика накопления жирного масла в семенах рапса ярового в период его интенсивного созревания и динамика изменения кислотного состава практически не изучены. Поэтому в данной работе исследована динамика созревания семян рапса ярового, а именно процесс накопления жирного масла по мере созревания семян рапса, а также динамика изменения кислотного состава жиров рапса следующих сортов: Сибирский, Надежный 92 и сорт 595.

*Цель исследования*. В указанных сортах рапса ярового в период интенсивного его созревания (август-сентябрь 2025 г.) проследить динамику накопления жирного масла и динамику накопления отдельных жирных кислот рапсового масла.

***Объекты и методы***

Объектами исследования были семена рапса ярового, собранные с полей ОПХ Михайловское в августе-сентябре 2025 г.

Полученные семена высушивались до постоянного веса при температуре 90 °С, измельчались до порошкообразного состояния, и подвергались исчерпывающей экстракции диэтиловым эфиром в течение 6–8 ч на кипящей водяной бане для получения жирного масла согласно ГОСТу [13, 14]. Количественное содержание жирного масла рассчитывали по убыли веса образца до экстракции и после нее, а также по весу полученного масла. Все эксперименты проводились в трех параллелях и за окончательную величину принималась средняя величина с ошибкой, указанной в таблицах 2–4.

Для получения метиловых эфиров жирных кислот навеску рапсового масла омыляли 20% водным раствором KOH в течение часа на кипящей водяной бане с постоянным перемешиванием. Затем после охлаждения раствор подкисляли соляной кислотой до кислой реакции и выделившиеся кислоты экстрагировали трижды диэтиловым эфиром. Полученные кислоты обрабатывали йодистым метилом для получения метиловых эфиров кислот и подвергали хроматографическому разделению на хроматографе Agilent Technologies 7890 GC System с квадрупольным масс-спектрометром 5975C в качестве детектора с использованием капиллярной колонки длиной 30 м с фазой 5% дифенил-95% диметилсилоксан с внутренним диаметром 0.25 мм. Условия хроматографирования: изотермический режим при 50 °С в течение трех минут, затем программированный подъем температуры со скоростью 4 °С в минуту до 270 °С с выдержкой при конечной температуре 30 мин. Температура испарителя – 280 °С, температура ионизационной камеры – 170 °С, энергия ионизации – 70 эВ. Содержание компонентов вычисляли по площадям пиков. Идентификацию компонентов проводили по полным масс-спектрам полученных метиловых эфиров и международной базы данных [15–18].

***Результаты и их обсуждение***

Природно-климатические условия западных и восточных районов Сибирского федерального округа (СФО) являются вполне комфортными для выращивания яровых сортов рапса [1–3, 5–7]. В этой связи отдельные регионы СФО имеют достаточно обширные площади для возделывания рапса ярового. В ОПХ Михайловское выращивали в 2025 г. следующие сорта рапса ярового: Сибирский – 235 га, Надежный 92–450 га и сорт №595 – отдельная делянка. Средняя урожайность первых двух сортов составила 16.2 ц/га. Семена рапса обеих сортов представляли собой черные шарики диаметром 2–3 мм и весом 1000 семян – 4.4–4.6 г.

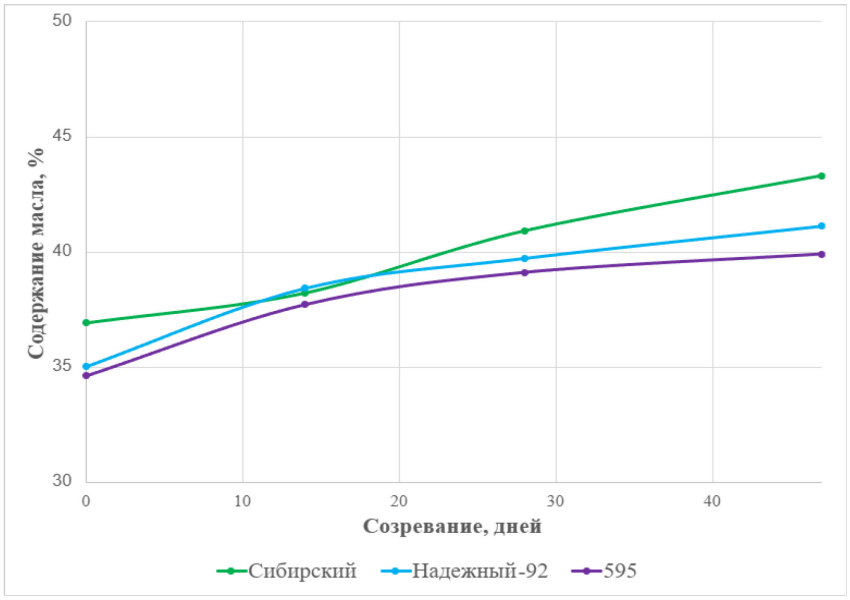
Интенсивное созревание семян рапса ярового в условиях СФО происходит в августе-сентябре. Поэтому в эти месяцы периодически отбирались растения рапса, выделялись семена, высушивались до воздушно-сухого состояния и подвергались анализу на содержание жирного масла.

На рисунке представлены данные по содержанию и накоплению жирного масла в семенах рапса ярового. Видно, что синтез и накопление жирного масла во всех семенах происходит в период интенсивного созревания практически по линейной зависимости, без каких-либо перегибов.

Учитывая тот факт, что содержание масла в семенах рапса ярового в случае сорта Сибирский составляет более 43%, можно полагать, что этот сорт может являться наиболее перспективным для его выращивания в условиях Красноярской лесостепи.

Из имеющихся литературных данных известно, что масло рапса ярового может содержать до 14–15 жирных кислот, относящихся к насыщенным, мононенасыщенным и полиненасыщенным кислотам [18–20].

В таблицах 1–3 представлены данные газохроматографического определения содержания жирных кислот в семенах рапса ярового исследуемых сортов, а на рисунке в электронном приложении к статье представлено газохроматографическое разделение метиловых эфиров кислот рапсового масла.




Динамика накопления жирного масла семенами рапса ярового в период с 07.08 2025 по 24.09.2025

Таблица 1. Накопление жиров и жирнокислотный состав семян рапса сорта Сибирский в течение вегетационного периода август-сентябрь 2025 г.

| Показатель | Дата сбора семян | | | | Ошибка определения |
|---|---|---|---|---|---|
| | 07.08 | 21.08 | 05.09 | 24.09 | |
| Влажность | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 0.1 |
| Содержание жира | 36.9 | 38.2 | 40.9 | 43.3 | 0.2 |
| Содержание кислот в масле: | | | | | |
| Пальмитиновая | 7.7 | 6.7 | 5.5 | 5.5 | 0.1 |
| Стеариновая | 42.7 | 3.3 | 3.2 | 3.4 | 0.1 |
| Олеиновая | 40.7 | 56.2 | 66.1 | 68.8 | 0.3 |
| Линолевая | 2.9 | 21.3 | 21.2 | 19.5 | 0.2 |
| Эйкозеновая | 4.6 | 6.2 | 2.3 | 1.6 | 0.1 |
| Эйкозановая | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.1 | 0.1 |
| **Эруковая** | – | **4.5** | **0.3** | **0.1** | – |
| Сумма кислот | 100.0 % | 99.5 % | 100.0 % | 100.0% | |

Таблица 2. Накопление жиров и жирнокислотный состав семян рапса сорта Надежный в течение вегетационного периода август-сентябрь 2025 г.

| Показатель | Дата сбора семян | | | | Ошибка определения |
|---|---|---|---|---|---|
| | 07.08 | 21.08 | 05.09 | 24.09 | |
| Влажность | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 0.1 |
| Содержание жира | 35.0 | 38.4 | 39.7 | 41.1 | 0.2 |
| Содержание кислот в масле: | | | | | |
| Пальмитиновая | 13.3 | 7.2 | 6.0 | 6.0 | 0.1 |
| Стеариновая | 7.3 | 3.7 | 3.1 | 2.4 | 0.1 |
| Олеиновая | 57.2 | 60.9 | 65.0 | 63.6 | 0.3 |
| Линолевая | 0.7 | 19.0 | 22.0 | 24.4 | 0.2 |
| Эйкозеновая | 14.6 | 5.1 | 1.8 | 2.3 | 0.1 |
| Эйкозановая | 2.8 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 0.1 |
| **Эруковая** | **4.0** | **2.6** | **0.9** | **0.3** | – |
| Сумма кислот | 99.9 % | 100.0 | 100.0 | 100.0 | |

Таблица 3. Накопление жиров и жирнокислотный состав семян рапса сорта 595 в течение вегетационного периода август-сентябрь 2025 г.

| Показатель | Дата сбора семян | | | | Ошибка определения |
|---|---|---|---|---|---|
| | 07.08 | 21.08 | 05.09 | 24.08 | |
| Влажность | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 0.1 |
| Содержание жира | 34.6 | 37.7 | 39.1 | 39.9 | 0.2 |
| Содержание кислот в масле: | | | | | |
| Пальмитиновая | 20.5 | 9.2 | 5.4 | 8.3 | 0.2 |
| Стеариновая | 9.8 | 4.8 | 2.8 | 4.4 | 0.1 |
| Олеиновая | 42.5 | 59.3 | 63.2 | 58.7 | 0.3 |
| Линолевая | 1.8 | 20.7 | 21.0 | 21.3 | 0.2 |
| Эйкозеновая | 14.8 | 3.6 | 4.2 | 2.8 | 0.1 |
| Эйкозановая | 3.2 | 1.9 | 0.8 | 1.8 | 0.1 |
| **Эруковая** | **7.7** | **0.5** | **2.6** | **2.6** | – |
| Сумма кислот | 99.8 % | 100.0 % | 100.0 % | 99.9 % | |

Как следует из полученных данных, жирные кислоты семян рапса ярового изученных сортов представлены насыщенными жирными кислотами: пальмитиновая, стеариновая, эйкозановая (арахиновая); мононенасыщенными кислотами: олеиновая, эйкозеновая, эруковая; и полиненасыщенными кислотами: линолевая. Видно, что суммарный состав олеиновой и линолевой кислот (мононенасыщенной и полиненасыщенной) составляет в случае сортов Сибирский и Надежный-92 не менее 88%, а содержание эруковой кислоты не превышает 0.3%, можно считать, что это масло относится к лучшим пищевым жирам [19, 20]. Укажем также, что линолевая кислота, как и олеиновая, содержание которых в полученных маслах рапса максимально, входят в состав липидов биомембран. Кроме этого, линолевая кислота регулирует уровень холестерина в крови, преобразуя его в желчные кислоты, которые легко выводятся из организма.

## *Заключение*

1. В летний период 2025 г. содержание масла в семенах рапса ярового составляет более 40% в Сибирском и надежном-92 сортах к моменту полного созревания семян (конец сентября года).

2. Установлено, что во всех трех сортах семян рапса ярового содержание эруковой кислоты составляет менее 5% от суммы всех кислот. На этом основании можно заключить, что согласно ВОЗ, эти масла соответствуют пищевому маслу (содержание эруковой кислоты должно быть менее 5%).

3. Установлено, что суммарный состав олеиновой и линолевой кислот (мононенасыщенной и полиненасыщенной) составляет в случае сортов Сибирский и Надежный-92 не менее 88%, а содержание эруковой кислоты не превышает 0.3%, можно считать, что это масло относится к лучшим пищевым жирам.

**Дополнительная информация**

*В электронном приложении к статье (DOI: https://www.doi.org/10.14258/jcprm.20260219084s) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.*

**Финансирование**

*Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института космических технологий Федерального исследовательского центра Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.*

**Конфликт интересов**

*Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.*

**Открытый доступ**

*Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.*

## *Список литературы*

1. Олейникова Е.Н., Янова М.А., Пыжикова Н.И., Рфбцев А.А., Бопп В.П. Яровой рапс – перспективная культура для развития агропромышленного комплекса Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2019. №1. С. 74–80.

2. Шпагин Н.А., Жаркова С.В. Продуктивность рапса ярового в условиях юга западной Сибири // International Journal of Humanieties and Natural Sciensis. 2024. Т. 1-2. С. 113–115. https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-1-2-113-115.
3. Прахова Т.Я., Прахов В.А. Оценка продуктивности сортов масличных культур в условиях среднего Поволжья // Вестник РГАТУ. 2019. №2. С. 36–41.
4. Ефименко С.Г., Ефименко С.К., Усатенко Л.О. Определение содержания масла и основных жирных кислот семян рапса озимого с помощью ИК-спектроскопии // Масличные культуры. 2023. №2. С. 40–50. https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-2-194-40-50.
5. Федотов В.А., Гончаров С.А., Савенков В.П. Рапс России. М., 2008. 336 с.
6. Левин И.Ф. Рапс – культура XXI века. Казань, 2005. 187 с.
7. Горшков В.И. Форпост КЛ – первый отечественный сорт ярового рапса, устойчивый к имидазолиновым гербицидам // Масличные культуры. 2023. №3. С. 108–113. https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-3-195-108-113.
8. Agroinvestor.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.agroinvestor.ru.
9. Дедов А.В., Драчев Н.А. Биологизация земледелия ЦЧР. Воронеж, 2010. 171 с.
10. Коржов С.И., Верзилов В.В., Королев Н.Н. Сидераты и их роль в воспроизводстве плодородия черноземов: монография. Воронеж, 2011. 98 с.
11. Савенков В.П., Корпачев В.В. Научно-практические основы управления агротехнологиями производства ярового рапса. Липецк, 2017. 461 с.
12. ГОСТ 31759-2012. Масло рапсовое. Технические условия. М., 2014. 15 с.
13. ГОСТ 11812-66. Масла растительные. Методы определения влаги и летучих веществ. М., 1967. 5 с.
14. ГОСТ 32749-2014. Семена масличные. Методы определения масличности. М., 2018. 8 с.
15. Adams R.P. Identification of essential oil by gas chromatography/mass spectrometri. Allured Publiching Corparation: Corol Stream. Illinois, USA, 2007. 804 p.
16. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
17. ГОСТ 31663-2012. Масла растительные и животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. М., 2013. 11 с.
18. Халипский А.Н., Ведров Н.Г., Рябцев А.А. Жирнокислотный состав растительного масла сортов ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2015. №3. С. 90–94.
19. Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С. Качество маслосемян капустных культур в условиях Западной Сибири // International Agricultural Journal. 2021. Т. 4. №3. С. 1–8. https://doi.org/10.24411/2588-0209-2021-10323
20. Зыбалов В.С. Яровой рапс – культура больших возможностей на Южном Урале // АПК России. 2019. Т. 26, №5. С. 755–762.

*Поступила в редакцию 24 марта 2026 г.*

*После переработки 21 мая 2026 г.*

*Принята к публикации 22 мая 2026 г.*

*Efremov A.A.*[*]*, Nemikhin W.W., Shabanov W.F.* RATIO OF SPRING RAPESEED MATURATION IN THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE IN 2025

*Institute of Space Technologies, Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center" of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Akademgorodok, 50, Krasnoyarsk, 660036, Russia, AEfremov15@mail.ru*

This article examines the dynamics of fatty oil accumulation in spring rapeseed seeds of the Sibirsky, Nadezhdy 92, and 595 varieties, grown in the Krasnoyarsk forest-steppe during the period of intensive seed ripening (August–September 2025), as well as the dynamics of higher fatty acid accumulation in the oil. It was found that oil content increases continuously during seed ripening, reaching 39.9–43.3%. The highest oil content was found in the seeds of the Sibirsky spring rapeseed variety. Using chromatographic mass spectrometry (CMS), conditions were selected for the complete separation of all oil acids as methyl esters on a non-polar capillary column. The following acids were found to be present in all rapeseed varieties studied: palmitic, stearic, oleic, linoleic, eicosenoic, eicosanoic, and erucic. A significant increase in oleic acid content and a decrease in erucic acid content were observed at the end of ripening. Based on their erucic acid content, the rapeseed oil of the studied varieties is classified as edible oil.

*Keywords:* rapeseed, fatty oil, dynamics of accumulation of fats and fatty acids.

**For citing:** Efremov A.A., Nemikhin W.W., Shabanov W.F. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, pp. 319–324. (in Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.20260219084.

[*] Corresponding author.

***References***


1. Oleynikova Ye.N., Yanova M.A., Pyzhikova N.I., Rfbtsev A.A., Bopp V.P. *Vestnik KrasGAU*, 2019, no. 1, pp. 74–80. (in Russ.).
2. Shpagin N.A., Zharkova S.V. *International Journal of Humanieties and Natural Sciensis*, 2024, vol. 1-2, pp. 113–115. https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-1-2-113-115. (in Russ.).
3. Prakhova T.YA., Prakhov V.A. *Vestnik RGATU*, 2019, no. 2, pp. 36–41. (in Russ.).
4. Yefimenko S.G., Yefimenko S.K., Usatenko L.O. *Maslichnyye kul'tury*, 2023, no. 2, pp. 40–50. https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-2-194-40-50. (in Russ.).
5. Fedotov V.A., Goncharov S.A., Savenkov V.P. *Raps Rossii*. [Rape of Russia]. Moscow, 2008, 336 p. (in Russ.).
6. Levin I.F. *Raps – kul'tura XXI veka*. [Rape – the Culture of the 21st Century]. Kazan', 2005, 187 p. (in Russ.).
7. Gorshkov V.I. *Maslichnyye kul'tury*, 2023, no. 3, pp. 108–113. https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-3-195-108-113. (in Russ.).
8. *Agroinvestor.ru.* URL: https://www.agroinvestor.ru. (in Russ.).
9. Dedov A.V., Drachev N.A. *Biologizatsiya zemledeliya TsChR*. [Biologization of agriculture in the Central Black Earth Region]. Voronezh, 2010, 171 p. (in Russ.).
10. Korzhov S.I., Verzilov V.V., Korolev N.N. *Sideraty i ikh rol' v vosproizvodstve plodorodiya chernozemov: monografiya*. [Green manure and its role in restoring the fertility of chernozems: monograph]. Voronezh, 2011, 98 p. (in Russ.).
11. Savenkov V.P., Korpachev V.V. *Nauchno-prakticheskiye osnovy upravleniya agrotekhnologiyami proizvodstva yarovogo rapsa*. [Scientific and practical foundations of managing agricultural technologies for spring rapeseed production]. Lipetsk, 2017, 461 p. (in Russ.).
12. *GOST 31759-2012. Maslo rapsovoye. Tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 31759-2012. Rapeseed oil. Specifications]. Moscow, 2014, 15 p. (in Russ.).
13. *GOST 11812-66. Masla rastitel'nyye. Metody opredeleniya vlagi i letuchikh veshchestv*. [GOST 11812-66. Vegetable oils. Methods for determining moisture and volatile matter]. Moscow, 1967, 5 p. (in Russ.).
14. *GOST 32749-2014. Semena maslichnyye. Metody opredeleniya maslichnosti*. [GOST 32749-2014. Oil seeds. Methods for determining oil content]. Moscow, 2018, 8 p. (in Russ.).
15. Adams R.P. *Identification of essential oil by gas chromatography/mass spectrometri*. Allured Publiching Corparation: Corol Stream. Illinois, USA, 2007. 804 p.
16. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of plant volatiles]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
17. *GOST 31663-2012. Masla rastitel'nyye i zhivotnyye. Opredeleniye metodom gazovoy khromatografii massovoy doli metilovykh efirov zhirnykh kislot*. [GOST 31663-2012. Vegetable and animal oils. Determination of the mass fraction of fatty acid methyl esters by gas chromatography]. Moscow, 2013, 11 p. (in Russ.).
18. Khalipskiy A.N., Vedrov N.G., Ryabtsev A.A. *Vestnik KrasGAU*, 2015, no. 3, pp. 90–94. (in Russ.).
19. Kuznetsova G.N., Polyakova R.S. *International Agricultural Journal*, 2021, vol. 4, no. 3, pp. 1–8. https://doi.org/10.24411/2588-0209-2021-10323. (in Russ.).
20. Zybalov V.S. *APK Rossii*, 2019, vol. 26, no. 5, pp. 755–762. (in Russ.).


*Received March 24, 2026*

*Revised May 21, 2026*

*Accepted May 22, 2026*

**Сведения об авторах**

*Ефремов Александр Алексеевич* – доктор химических наук, профессор, заведующий отделом КПРС, aefremov15@mail.ru

*Немихин Василий Васильевич* – кандидат химических наук, научный сотрудник, aefremov15@mail.ru

*Шабанов Василий Васильевич* – доктор физико-математическихю наук, академик РАН, научный руководитель, aefremov15@mail.ru

**Information about authors**

*Efremov Alexander Alekseevich* – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of CPRS, aefremov15@mail.ru

*Nemikhin Vasily Vasilievich* – Candidate of Chemical Sciences, researcher, aefremov15@mail.ru

*Shabanov Vasily Vasilievich* – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor, aefremov15@mail.ru