

**ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АКВАПОННОЙ  
УСТАНОВКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ ЕЕ РАБОТЫ**

Комбинированный аквапонно-гидропонный режим выращивания салата позволил получить достоверно большую массу растений в сравнении с аквапонным и гидропонным режимами их выращивания. Данный показатель превысил аналогичный на втором участке (где использовалась только аквапонная вода) на 28,0 % и на третьем участке (где использовался только гидропонный раствор) – на 10,9 %, или соответственно – на 40 и 15 г. Комбинированный аквапонно-гидропонный режим, таким образом, позволил получить с 1 м<sup>2</sup> площади установки 8,282 кг вегетативной массы растений салата, что на 2,761 кг больше, чем при традиционном режиме аквапоники (второй участок) и на 0,903 кг больше, чем в гидропонном режиме (третий участок). Уровень рентабельности производства вегетативной массы растений салата на первом участке составил 116,9 %, что на 85,7 и 22,9 % выше, чем на втором и третьем участках соответственно. Среднесуточный прирост живой массы клариевого сома в возрасте 30–75 сут в обеих группах бассейнов достоверно не отличался. В аквапонной установке в течение 45 сут было получено прироста живой массы гидробионтов на 456 г больше, чем в УЗВ. Это связано с большей сохранностью молоди клариевого сома в аквапонной установке – на 0,5 %. Прибыль от продажи продукции, произведенной в комбинированном режиме работы установки, составила в расчете на 1 м<sup>3</sup> водной среды 879,92 руб., что на 66,94 руб., или на 8,2 % выше, чем от продажи продуктов, полученных в аквапонном режиме. Рентабельность производства также выше в первом варианте на 1,9 %.

**Ключевые слова:** установка замкнутого водоснабжения, УЗВ, аквапоника, гидропоника, клариевый сом, растения салата, экологически чистые продукты.

*A.V. Kovrigin, A.P. Khokhlova, N.A. Maslova*

**THE STUDY OF THE OPERATION EFFICIENCY OF THE AUTOMATED AQUAPONIC  
SYSTEM DEPENDING ON THE OPERATING MODE**

Combined aquaponic-hydroponic cultivation of lettuce allowed us to obtain a significantly large mass of plants in comparison with aquaponic and hydroponic models of cultivation. This figure is exceeded at the second site (where it was used only aquapony water) at 28,0 % and the third plot (where it was only used hydroponic solution) was 10,9 %, or respectively 40 and 15 g. Combined aquaponic-hydroponic mode, thus, allowed to obtain 1 m<sup>2</sup> of the installation 8,282 kg of vegetative mass of plants of lettuce, which is 2,761 kg more than in the traditional mode aquaponics (second plot) and on 0,903 kg more than in hydroponic mode (third phase). The level of profitability of production of vegetative mass of lettuce on the first plot has made 116,9 %, 85,7 and 22,9 % higher than the second and third plots respectively. The average daily weight growth of clarid catfish aged 30–75 days in both groups of basins were not significantly different. In aquaponic system within 45 days they received the increase of living mass of animals at 456 g more than in the fish recirculating system. This is due to higher preservation of juvenile clarid catfish in aquaponic install was 0,5 %. Profits from the sale of products generated in the combined operation of the system was calculated for 1 m<sup>3</sup> of water environment 879,92 rubles, which is 66,94 rubles, or 8,2 % higher than from the sale of products obtained in aquaponic mode. Profitability is also higher in the first variant 1,9 %.

**Key words:** recirculating, fish recirculating system, aquaponics, hydroponics, airbreathing catfish, lettuce plants, organic products.

---

**Введение.** Аквапоника – это способ производства сельскохозяйственной продукции на основе симбиотического взаимодействия растений, гидробионтов и микроорганизмов в искусственно

созданных системах с целью получения экологически чистых кормов для животных и продуктов питания человека.

Аквапонные системы включают в себя две основные составляющие – аквакультуру и гидропонику.

**Аквакультура** – вид деятельности по разведению, содержанию и выращиванию рыб, других водных животных, растений и водорослей, осуществляемый под полным или частичным контролем человека с целью получения товарной продукции, пополнения промысловых запасов водных биоресурсов, сохранения их биоразнообразия и рекреации.

**Гидропоника** – способ выращивания растений на искусственных питательных средах без почвы. Основной причиной широкого распространения этой технологии оказалась высокая экономическая эффективность, получаемая как за счет повышения урожайности, так и вследствие значительной экономии ресурсов.

**Аквапоника** объединяет в себе преимущества обеих технологий и позволяет снижать себестоимость получаемой продукции за счет синергии взаимодействия гидробионтов, растений и микроорганизмов, а также автоматизации производственных процессов. Продукция аквапоники может использоваться как для кормления сельскохозяйственных животных [1, 2, 5, 6–8], так и в питании человека [4, 9]. Она позволяет в лучшей степени раскрыть генетический потенциал животных [10, 11]. Кроме того, в аквапонике практически не используются пестициды, а сами системы позволяют контролировать основные условия получения продукции (температуру, влажность, химический состав питательной среды, освещенность, режим подачи питательных растворов и т. п.). Это позволяет получать экологически чистую и относительно недорогую продукцию в течение всего года [3, 9].

**Цель исследования:** создать действующие элементы автоматизированной интенсивной технологии производства экологически чистой продукции аквакультуры и растениеводства в контролируемых условиях специализированных помещений.

**Задачи исследования:**

1. Разработать и создать действующую модульную комбинированную аквапонную установку (имеющую возможность работы в режиме аквагидропоники) с числовым программным микроконтроллерным управлением на базе имеющейся установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) для выращивания аквакультуры.

2. Изучить влияние различных режимов работы данной установки на количество и себестоимость получаемой продукции.

3. На основании проведенных исследований дать практические рекомендации по оптимизации аквапонного технологического процесса производства зеленых кормов для животных и продуктов питания человека в контролируемых условиях закрытых помещений.

**Методы и результаты исследования.** Для разработки элементов аквапонной технологии нами создана автоматизированная установка на базе имеющейся установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) для выращивания гидробионтов. Для получения растительной продукции создан модуль, состоящий из шкафа-купе, двух емкостей для питательных растворов (одна – для гидропонного раствора, вторая – для воды из УЗВ), емкостей для выращивания растений, электронного блока управления авторской разработки, электрических исполнительных устройств (насосы, фитолампы и пр.), труб различного диаметра, соединительной арматуры. Управление работой электрического оборудования осуществляется с помощью микроконтроллера ATmega 8.

В аквапонной установке выращивали клариевого сома и зеленую массу растений салата сорта Московский парниковый.

Схема исследований приведена в таблице 1. Как видно из таблицы 1, в ходе исследований установка для выращивания растений была разделена на три участка. На первом – для питания растений использовались как вода из УЗВ, так и гидропонный питательный раствор, на втором – только вода из УЗВ и на третьем – только гидропонный раствор. Прочие условия выращивания были одинаковы для всех участков и соответствовали рекомендациям по выращиванию салата сорта Московский парниковый.

Для предотвращения попадания остатков гидропонного раствора в УЗВ был разработан особый режим функционирования установки, при котором осуществлялась эффективная промывка емкостей с растениями отработанной водой, сбрасываемой ежедневно из УЗВ.

Часть установки замкнутого водоснабжения была подключена к установке по выращиванию растений. Другая часть УЗВ функционировала автономно. В обеих частях УЗВ выращивался клариевый сом при плотности посадки 200 особей на 1 м<sup>3</sup> водной среды. Условия выращивания гидробионтов в обеих частях установки соответствовали технологическим нормам и были одинаковыми за исключением того, что вода из первой группы бассейнов использовалась для полива растений салата, после чего возвращалась в биофильтр УЗВ, где подогревалась до температуры 28 °С и далее поступала к гидробионтам.

Таблица 1

**Схема проведения опыта**

Показатель	Участок установки		
	Первый	Второй	Третий
Режим работы насоса подачи воды из УЗВ	30 мин работа, 45 мин отключен	30 мин работа, 15 мин отключен	Отключен
Режим работы насоса подачи питательного гидропонного раствора	15 мин работа, 60 мин отключен	Отключен	30 мин работа, 15 мин отключен
Продолжительность освещения растений, ч	12	12	12
Интенсивность освещения, люкс	6000	6000	6000
Температура в установке, °С	19	19	19
Продолжительность опыта, сут	45	45	45

В ходе опыта определяли следующие показатели:

- гидрохимические показатели опытных бассейнов
- вегетативная масса и товарное качество растений салата, собранного с 1 м<sup>2</sup> площади установки;
- среднесуточный прирост живой массы клариевого сома в возрасте 30–75 сут, выращенного в аквапонной установке в сравнении с выращенным в УЗВ за период проведения опыта;
- расход воды при работе аквапонной установки в сравнении с УЗВ;
- экономическая эффективность работы УЗВ и аквапонной установки.

Гидрохимические показатели опытных бассейнов соответствовали технологическим нормам. При этом существенных отличий по химическому составу в обеих группах бассейнов не наблюдалось за исключением содержания углекислого газа, концентрация которого в аквапонной установке была меньше в сравнении с УЗВ на 16,4 % и составила 17,8 мг/л. Однако в аквапонной установке имелась тенденция к уменьшению рН среды и количества азотистых соединений, а также к увеличению уровня растворенного кислорода.

Вегетативная масса и товарное качество аквапонного салата представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что средняя масса одного растения салата была достоверно выше на первом участке, где использовался комбинированный аквапонно-гидропонный режим выращивания растений. Данный показатель превысил аналогичный на втором участке (где использовалась только аквапонная вода) на 28,0 % и на третьем участке (где использовался только гидропонный раствор) – на 10,9 % или соответственно – на 40 и 15. Комбинированный аквапонно-гидропонный режим, таким образом, позволил получить с 1 м<sup>2</sup> площади установки 8,282 кг вегетативной массы растений салата, что на 2,761 кг больше, чем при традиционном режиме аквапоники (второй участок), и на 0,903 кг больше, чем в гидропонном режиме (третий участок).

Таблица 2

**Вегетативная масса и товарное качество аквапонного салата**

Показатель	Участок установки		
	Первый	Второй	Третий
Средняя масса одного растения салата на 45 суток выращивания, г	138±0,30	98±0,32	123±0,31
Количество растений на 1 м <sup>2</sup> в 3-ярусной установке, шт.	60	60	60
Вегетативная масса растений салата в расчете на 1 м <sup>2</sup> , кг	8,282±0,002	5,521±0,002	7,379±0,002
Товарное качество	Высокое	Среднее	Высокое

Среднесуточный прирост живой массы клариевого сома в возрасте 30–75 сут в обеих группах бассейнов достоверно не отличался и составил 4,72 г/сут в аквапонных бассейнах и в УЗВ – 4,70 г/сут. Однако отход рыбы в УЗВ был на 0,5 % выше, чем в аквапонной установке, и составил 3,5 %.

Расход воды как в аквапонной установке, так и в УЗВ лимитировался только необходимостью механической очистки фильтров от накопленного шлама и был практически идентичен – 0,48 м<sup>3</sup>/сут.

Экономическая эффективность выращивания растений салата при разных режимах работы аквапонной установки представлена в таблице 3. Данные таблицы 3 указывают, что максимальная прибыль от продажи вегетативной массы растений салата в расчете на 1 м<sup>2</sup> площади наблюдалась при комбинированном аквапонно-гидропонном режиме работы установки и составила 437,46 руб., что на 322,95 и 87,11 руб. больше, чем при функционировании соответственно в аквапонном и гидропонном режимах.

Уровень рентабельности производства вегетативной массы растений салата на первом участке составил 116,9 %, что на 85,7 и 22,9 % выше, чем на втором и третьем участках соответственно.

Таким образом, комбинированный режим работы установки экономически является наиболее эффективным.

Таблица 3

**Экономическая эффективность выращивания растений салата при разных режимах работы аквапонной установки**

Показатель	Участок установки		
	Первый	Второй	Третий
Общая вегетативная масса растений салата, полученных с 1 м <sup>2</sup> аквапонной установки, кг	8,282	5,521	7,379
Себестоимость растений салата в расчете на 1 м <sup>2</sup> , руб.	374,18	367,47	372,79
Выручка от продажи растений салата в расчете на 1 м <sup>2</sup> , руб.	811,64	481,98	723,142
Прибыль от продажи вегетативной массы растений салата в расчете на 1 м <sup>2</sup> , руб.	437,46	114,51	350,35
Уровень рентабельности производства вегетативной массы салата, %	116,9	31,2	94,0

В то же время классический аквапонный режим работы показал худшие результаты. Это связано как с более низкой массой полученной продукции, так и с худшим ее качеством.

В аквапонной установке в течение 45 сут было получено прироста живой массы гидробионтов на 456 больше, чем в УЗВ. Это связано с большей сохранностью молоди клариевого сома в аквапонной установке – на 0,5 %. Таким образом, прибыль от продажи рыбы составила в УЗВ 738,94 руб., что

на 48,13 руб., или 6,1 %, меньше, чем в аквапонной установке. Рентабельность производства клариевого сома в аквапонном режиме работы установки составила 22,8 %, что на 1,4 % превосходит аналогичный показатель работы УЗВ.

Таким образом, аквапонная схема производства клариевого сома оказалась экономически более эффективной в сравнении с УЗВ.

Экономическая эффективность получения аквапонной продукции (зеленой массы салата и клариевого сома) при разных режимах работы установки представлена в таблице 4.

Таблица 4

**Экономическая эффективность получения аквапонной продукции (зеленой массы салата и клариевого сома) при разных режимах работы установки**

Показатель	Комбинированный аквапонно-гидропонный режим работы	Аквапонный режим работы
Общая масса аквапонной продукции в целом в расчете на 1 м <sup>3</sup> водной среды УЗВ в течение 45 суток, кг	42,751	42,242
Себестоимость аквапонной продукции в целом в расчете на 1 м <sup>3</sup> водной среды УЗВ, руб.	3535,14	3538,84
Выручка от продажи аквапонной продукции в целом в расчете на 1 м <sup>3</sup> водной среды УЗВ, руб.	4415,06	4351,82
Прибыль от продажи аквапонной продукции в целом в расчете на 1 м <sup>3</sup> водной среды УЗВ, руб.	879,92	812,98
Рентабельность производства аквапонной продукции, %	24,9	23,0

Данные таблицы 4 указывают на увеличение экономической эффективности работы аквапонной установки при комбинированном режиме ее работы в сравнении с классическим аквапонным режимом. Так, прибыль от продажи продукции, произведенной в комбинированном режиме работы установки, составила в расчете на 1 м<sup>3</sup> водной среды 879,92 руб., что на 66,94 руб., или на 8,2 %, выше, чем от продажи продуктов, полученных в аквапонном режиме. Рентабельность производства также выше в первом варианте на 1,9 %.

Таким образом, аквапонная установка показала лучшую экономическую эффективность работы в сравнении с УЗВ. При этом наилучший экономический результат был получен при комбинированном аквапонно-гидропонном режиме работы установки.

**Заключение.** На основании проведенных исследований было выяснено, что существенных отличий по гидрохимическим показателям аквапонной установки и УЗВ не наблюдалось, за исключением понижения уровня углекислоты. Однако в аквапонной установке имелась тенденция к уменьшению рН среды и количества азотистых соединений, а также к увеличению уровня растворенного кислорода. В результате прирост живой массы гидробионтов в аквапонной установке был выше на 456, или на 1,1 %, в течение 45 сут в сравнении с УЗВ. Рентабельность производства клариевого сома в аквапонном режиме работы установки составила 22,8 %, что также на 1,4 % превосходит аналогичный показатель работы УЗВ.

Аквапонный способ выращивания растений салата показал более низкие результаты по массе и качеству получаемой продукции в сравнении с гидропонным. Однако при комбинировании данных методов выращивания были получены наилучшие результаты как по количеству получаемой продукции, так и по ее товарному качеству, что позволило получить с 1 м<sup>2</sup> площади установки 8,282 кг вегетативной массы растений салата в течение 45 сут, что на 2,761 кг больше, чем при традиционном режиме аквапоники, и на 0,903 кг больше, чем в гидропонном режиме.

Расход воды в аквапонной установке практически не отличался от аналогичного показателя в УЗВ, но при этом была получена дополнительная продукция растениеводства при высоком уровне

рентабельности (116,9 %). Однако удельный вес данной продукции в структуре себестоимости был невысок. Поэтому мы считаем, что необходимо продолжить исследования по оптимизации работы созданной аквапонно-гидропонной установки с целью увеличения доли производимой вегетативной массы растений в структуре аквапонной продукции. Тем не менее, аквапонная установка показала более высокую рентабельность в сравнении с УЗВ на 3,5 %. Поэтому мы рекомендуем для установок замкнутого водоснабжения по выращиванию клариевого сома использовать метод аквапоники либо при наличии технических возможностей комбинировать методы аква- и гидропоники с целью получения дополнительной продукции растениеводства и повышения уровня рентабельности производства.

### Литература

1. *Ковригин А.В.* Некоторые аспекты разработки инновационных технологий производства свинины в средних и малых сельскохозяйственных предприятиях России // Сб. науч. тр. научной школы профессора Г.С. Походни. Вып. 4 / под ред. Г.С. Походни. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2011. – С. 48–49.
2. *Ковригин А.В.* Оптимизация воспроизводительной функции хряков. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2014. – 80 с.
3. *Ковригин А.В.* Использование ветровой энергии для животноводства // Сб. науч. тр. научной школы профессора Г.С. Походни. Вып. 5 / под ред. Г.С. Походни. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2012. – С. 43–47.
4. *Кулаченко В.П.* Аквакультура: учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2011. – 96 с.
5. *Маслова Н.А., Хохлова А.П.* Интенсификация воспроизводительной функции у свиноматок. – Белгород: Белгородская областная типография, 2014. – 201 с.
6. Повышение воспроизводительной способности свиней / *Г.С. Походня, П.П. Корниенко, А.В. Ковригин* [и др.]. – Белгород: Изд-во ГиК, 2013. – 180 с.
7. Повышение продуктивности свиней на промышленном комплексе / *Г.С. Походня, Е.Г. Федорчук, Н.А. Маслова* [и др.]. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2012. – 104 с.
8. *Походня Г.С., Ковригин А.В., Федорчук Е.Г.* Влияние продолжительности пастыбы хряков на их воспроизводительную функцию // Сб. науч. тр. научной школы профессора Г.С. Походни. Вып. 1 / под ред. Г.С. Походни. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2008. – С. 40–44.
9. Практикум по свиноводству / *Г.С. Походня, А.В. Ковригин, Е.Г. Федорчук* [и др.]. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2007. – 266 с.
10. Разработка элементов инновационной автоматизированной аквапонной технологии производства сельскохозяйственной продукции / *А.В. Ковригин, В.П. Кулаченко, Р.А. Исаев* [и др.] // Белгородский агромир. – 2015. – № 3. – С. 8–10.
11. *Хохлова А.П.* Эффективность использования симментальского и обракского скота при чистопородном разведении и скрещивании. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2013. – 159 с.

### Literatura

1. *Kovrigin A.V.* Nekotorye aspekty razrabotki innovacionnyh tekhnologiy proizvodstva svininy v srednih i malyh sel'skohozyaystvennyh predpriyatiyah Rossii // Sb. nauch. tr. nauchnoy shkoly professora G.S. Pohodni. Vyp. 4 / pod red. G.S. Pohodni. – Belgorod: Izd-vo BelGS-HA, 2011. – S. 48–49.
2. *Kovrigin A.V.* Optimizaciya vosproizvoditel'noi funktsii hryakov. – Belgorod: Izd-vo BelGSKHA, 2014. – 80 s.
3. *Kovrigin A.V.* Ispol'zovanie vetrovoi energii dlya zhivotnovotstva // Sb. nauch. tr. Nauchnoi shkoly professora G.S. Pohodni. Vyp. 5 / pod red. G.S. Pohodni. – Belgorod: Izd-vo BelGSHA, 2012. – S. 43–47.

4. *Kulachenko V.P.* Akvakul'tura: ucheb. posobie. – Belgorod: Izd-vo BelGSKHA, 2011. – 96 s.
5. *Maslova N.A., Hohlova A.P.* Intensifikatsiya vosproizvoditel'noy funktsii u svinomatok. – Belgorod: Belgorodskaya oblastnaya tipografiya, 2014. – 201 s.
6. *Povyshenie vosproizvoditel'noy sposobnosti sviney / G.S. Pohodnya, P.P. Kornienko, A.V. Kovrigin [i dr.].* – Belgorod: Izd-vo GiK, 2013. – 180 s.
7. *Povyshenie produktivnosti sviney na promyshlennom komplekse / G.S. Pohodnya, E.G. Fedorchuk, N.A. Maslova [i dr.].* – Belgorod: Izd-vo BelGSKHA, 2012. – 104 s.
8. *Pohodnya G.S., Kovrigin A.V., Fedorchuk E.G.* Vliyanie prodolzhitel'nosti past'by hryakov na ih vosproizvoditel'nyuyu funktsiyu // Sb. nauch. tr. nauchnoi shkoly professora G.S. Pohodni. Vyp. 1 / pod red. G.S. Pohodni. – Belgorod: Izd-vo BelGSKHA, 2008. – S. 40–44.
9. *Praktikum po svinovodstvu / G.S. Pohodnya, A.V. Kovrigin, E.G. Fedorchuk [i dr.].* – Belgorod: Izd-vo BelGSKHA, 2007. – 266 s.
10. *Razrabotka ehlementov innovacionnoj avtomatizirovannoi akvaponnoi tekhnologii proiz-vodstva sel'skohozyajstvennoj produktsii / A.V. Kovrigin, V.P. Kulachenko, R.A. Isaev [i dr.] // Belgorodskiy agromir.* – 2015. – № 3. – S. 8–10.
11. *Hohlova A.P.* EHffektivnost' ispol'zovaniya simmental'skogo i obrakskogo skota pri chistoporodnom razvedenii i skreshchivanii. – Belgorod: Izd-vo BelGSKHA, 2013.– 159 s.



УДК 532.593.7:556.557

*А.И. Пережилин, И.В. Берестов,  
К.Х. Рахимов, А.А. Попова*

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ГАШЕНИЯ ЭНЕРГИИ ВОЛН НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ ПЛАВУЧИМИ ВОЛНОГАСИТЕЛЯМИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ\***

*В статье приводятся данные, позволяющие дать оценку абразионных процессов, наблюдаемых при формировании берегов водохранилищ. Обоснована необходимость снижения ветроволновой нагрузки на берега водохранилищ с помощью плавучих волногасителей. Установлены теоретические зависимости для определения величины волнового воздействия на плавучий волногаситель, учитывающие параметры волногасителя и волны, коэффициент гашения. Коэффициент гашения волны – это величина, показывающая отношение высоты волны за волногасителем к высоте подходящей волны, т. е. во сколько раз уменьшается высота волны после прохождения волногасителя; может находиться в пределах от 0 (происходит полное гашение) до 1 (гашение не происходит). Рассматриваются результаты экспериментальных исследований на моделях эффективности работы плавучих волногасителей различных конструкций для условий водохранилищ. Жесткие волногасители обеспечивают лучшее гашение волны (коэффициент гашения до 0,2), но представляют собой громоздкие массивы, и применение их сопряжено с определенными трудностями. Поэтому на кафедре использования водных ресурсов СибГТУ были разработаны конструкции плавучих волногасителей цилиндрического и ящичного типов из плавающей на акватории водохранилищ древесины. Коэффициент гашения, обеспечиваемый заякоренными волногасителями цилиндрического типа, достигает 0,6, а волногасителей ящичного типа – 0,5. Жесткое закрепление волногасителя позволяет увеличить эффективность диссипации энергии волн до 50 %. Учитывая масштабы, транспортную доступность, наличие трудовых ресурсов и строительных материалов, применение на водохранилищах разработанных плавучих волногасителей для защиты берега от размыва наиболее выгодно, и позволит не только снизить размыв, но и очистить акваторию от плавающей древесной массы.*

---

*\*Исследование выполнено при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках научного проекта № 05/15.*