

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА  
ДЛЯ ПОЛОСОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯSUBSTANTIATION OF RATIONAL STRUCTURES OF TILLAGE UNITS FOR STRIP TILLAGE  
IN THE STEPPE ZONE OF THE ALTAI REGION

**Ключевые слова:** полосовая обработка почвы, почвообрабатывающий агрегат, технология «Strip-Till», рациональные составы МТА, подсолнечник, урожай, засушливая степь, технико-экономическая оценка, Алтайский край.

Приведены результаты теоретических исследований по обоснованию рациональных составов почвообрабатывающих агрегатов для полосовой обработки почвы. Расчеты выполнены на основе математической модели почвообрабатывающего агрегата, где в качестве входной информации использованы данные энергооценки МТА в эксплуатации. Получены значения выходных показателей агрегатов (чистой производительности и расхода топлива на единицу обработанной площади) на базе трактора К-744Р1 и опытного образца машины-орудия для полосовой обработки почвы с различной шириной захвата. Установлены рациональные значения ширины захвата машины для агротехнически заданного диапазона рабочих скоростей движения. Так, рабочая ширина захвата 7,5 м обеспечит работу агрегата в диапазоне скоростей движения 1,67-2,22 м/с и глубины обработки почвы от 0,17 до 0,30 м, а ширина захвата 6,75 м в диапазоне глубины 0,19-0,32 м, т.е. данные варианты охватывают практически весь исследуемый диапазон глубины обработки почвы и скоростей движения и являются рациональными с точки зрения загрузки трактора и выполнения работ применительно к данным условиям. Последний вариант предпочтительней с учетом возможностей работы на большую глубину и получения большей урожайности. Если же применять существующее орудие с рабочей шириной захвата 6,0 м (выпускаемое предприятием производителем), то оно обеспечит работу агрегата в диапазоне заданных скоростей движения при глубине обработки от 0,20 до 0,34 м. К тому же под данное орудие производится сеялка EDX 6000 с шириной захвата 6,0 м, которая позволяет высевать семена весной в обработанные осенью полосы. Приведена сравнительная технико-экономическая оценка полученных вариантов агрегатов, которая указывает на существенные различия эксплуатационных затрат. Если же в качестве тягового средства использовать трактор К-744Р4 с

машиной-орудием с рациональной шириной захвата 9 м, то экономический эффект достигает 473 тыс. руб. на агрегат.

**Keywords:** strip tillage, machine-tractor aggregates (MTA), Strip-Till technology, rational structures of tillage units, sunflower, yield, dry steppe, technical and economic assessment, Altai Region.

The results of theoretical studies on the substantiation of rational structures of tillage units for strip tillage are discussed. The calculations were made on the basis of the mathematical model of the tillage unit where the data of the MTA energy evaluation were used as input information. The values of output parameters of aggregates (net productivity and fuel consumption per unit of tilled area) are obtained on the basis of the tractor K-744R1 and a prototype machine-tool for strip tillage with different working widths. Rational values of the operating widths were established for the given range of operating speed. Thus, the operating width of 7.5 m will ensure the operation of the unit in the speed range of 1.67-2.22 m/s and the tillage depth from 0.17 m to 0.30 m; the operating width of 6.75 m – the depth range of 0.19-0.32 m, i.e. these options cover almost the entire investigated range of tillage depths and operating speeds, and they are rational from the point of view of tractor loading and performance in relation to these conditions. But the latter option is preferable taking into account the possibilities of working to greater depths and obtaining higher yields. If the existing implement is used with the operating width of 6.0 m (manufacturer's option), then it will ensure the operation of the unit in the range of specified speeds with a tillage depth of 0.20 m to 0.34 m. In addition, EDX 6000 seeder with operating width of 6.0 m is made for this unit, which enables seeding in spring into strips prepared in autumn. Comparative technical and economic evaluation of the obtained variants of aggregates has been made which indicates insignificant differences in operating costs. If the tractor K-744R4 is used to pull the unit with a rational operating width of 9 m, the economic effect reaches 473 thousand rubles per unit.

**Беляев Владимир Иванович**, д.т.н., проф., зав. каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: prof-Belyayev@yandex.ru.

**Тиссен Раймер Уве**, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: prof-Belyayev@yandex.ru.

**Belyayev Vladimir Ivanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-35-99. E-mail: prof-Belyayev@yandex.ru.

**Tiessen Reimer Uwe**, Post-Graduate Student, Altai State Agricultural University. E-mail: prof-belyayev@ya.ru.

**Введение**

Осенняя обработка почвы является одним из важнейших элементов агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур. В настоящее время

наблюдается тенденция на снижение ее интенсивности, а также отказ от нее, что является положительным с точки зрения энергоресурсосбережения.

Применение полосовой обработки почвы является промежуточным вариантом технологии между сплошной обработкой и ее отсутствием. Эта технология с рыхлением почвы полосами в последующих рядках посева достаточно широко используется в странах Европы и во всем мире при возделывании прежде всего технических культур, таких как сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза, соя и др. [1].

Основными ее преимуществами является создание благоприятных условий для роста и развития корневой системы, главным образом культур со стержневой системой, и возможность успешно проводить прикорневую подкормку растений с применением как минеральных, так и органических удобрений с использованием современных комплексов машин. При этом существенно возрастает производительность агрегатов и обеспечивается экономия топлива до 30%, а также значительно сокращается техногенное воздействие на почву, что является благоприятным с точки зрения сохранения почвенного плодородия [1].

Внедрение данной технологии требует правильного обоснования комплексов машин для обработки почвы и посева как по ширине захвата, так и по ширине междурядий, а также согласования с колеей трактора. Поэтому проектирование таких комплексов машин является актуальной задачей.

Важнейшими элементами технологии обработки почвы являются глубина обработки почвы и рабочая скорость движения агрегата применительно к конкретным агроклиматическим условиям. Правильный их выбор позволяет обосновать рациональную рабочую ширину захвата машины-орудия при агрегатировании с конкретными моделями тракторов как с технологической, так и с экономической точки зрения.

**Целью** работы является обоснование рациональных составов почвообрабатывающего агрегата для полосовой обработки почвы в степной зоне Алтайского края.

**Объекты и методы исследования**

В качестве объекта исследования принят технологический процесс осенней полосовой обработки почвы с применением комбинированной машины-орудия производства компании Амазоне (рис. 1).

При обосновании рациональных параметров комбинированного агрегата для полосовой обработки почвы руководствовались рекомендациями завода-производителя по рабочим скоростям движения (6-8 км/ч). Технологическую глубину обработки почвы определяли на основании реализованного 3-летнего полевого опыта. В рамках его реализации получена зависимость затрат топлива тракторного двигателя от рабочей ширины захвата машины, глубины обработки почвы и рабочей скорости движения [2, 3].

На основании предложенной математической модели почвообрабатывающего агрегата [4] и полученных экспериментальных данных [5] проводились рас-

четы различных составов агрегатов, где в качестве варьируемых факторов приняты рабочая скорость движения МТА (3 уровня) и глубина обработки почвы (4 уровня). Выходными показателями являлись значения чистой производительности МТА на базе трактора К-744Р1 и расхода топлива на единицу обработанной площади. Критерием оптимизации была величина эксплуатационных затрат на обработку почвы.



*Рис. 1. Комбинированная почвообрабатывающая машина-орудие для полосовой обработки почвы производства компании Амазоне*

**Результаты и их обсуждение**

Результаты расчетов выходных показателей работы МТА для трех уровней рабочих скоростей движения и 4 уровней глубины обработки почвы приведены в таблицах 1-3.

**Таблица 1**

**Энергетические показатели МТА (трактор К744Р1) 6 км/ч**

$h, м$	$V_p, м/с$	$V_p^{расч}, м$	$n, шт.$	$V_p^{факт}, м$	$W_ч, м^2/с$	$G_T, г/м^2$
0,17	1,67	13,4	17	12,75	21,29	0,63
0,22	1,67	10,4	13	9,75	16,28	0,83
0,27	1,67	8,5	11	8,25	13,78	0,98
0,32	1,67	7,2	9	6,75	11,27	1,20

**Таблица 2**

**Энергетические показатели МТА (трактор К744Р1) 7 км/ч**

$h, м$	$V_p, м/с$	$V_p^{расч}, м$	$n, шт.$	$V_p^{факт}, м$	$W_ч, м^2/с$	$G_T, г/м^2$
0,17	1,94	9,9	13	9,75	18,92	0,71
0,22	1,94	7,7	10	7,5	14,55	0,93
0,27	1,94	6,3	8	6,0	11,64	1,16
0,32	1,94	5,3	6	5,25	8,73	1,55

**Таблица 3**  
**Энергетические показатели МТА**  
**(трактор К744Р1) 8 км/ч**

$h$ , м	$V_p$ , м/с	$V_p^{расч}$ , м	$n$ , шт.	$V_p^{факт}$ , м	$W_ч$ , м <sup>2</sup> /с	$G_T$ , г/м <sup>2</sup>
0,17	2,22	7,6	10	7,5	16,65	0,81
0,22	2,22	5,9	7	5,25	11,66	1,16
0,27	2,22	4,8	6	4,5	9,99	1,35
0,32	2,22	4,0	5	3,75	8,33	1,62

Анализ данных показывает, что при средней рабочей скорости движения 1,94 м/с (7 км/ч) и глубине обработки почвы 0,17-0,32 м расчетный диапазон рабочей ширины захвата составит 5,2-9,9 м. Полученные значения округлялись кратно ширине междурядий. В результате имеем 4 уровня ширины захвата орудия, соответствующие глубинам обработки почвы от 0,17 до 0,32; 9,75; 7,5; 6,0 и 4,5 м соответственно.

Значения чистой производительности МТА и расхода топлива на единицу обработанной площади будут находиться в пределах 18,92-8,73 м<sup>2</sup>/с и 0,71-1,55 г/м<sup>2</sup>.

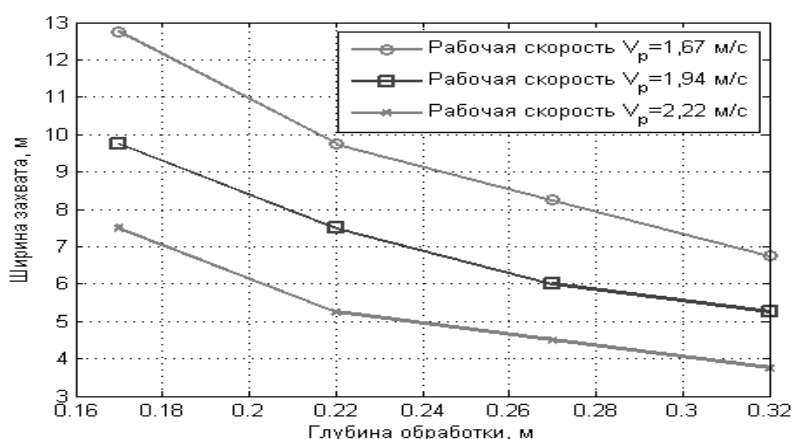
Зависимости рабочей ширины захвата МТА от глубины обработки почвы при различных рабочих скоростях движения (6,0; 7,0 и 8,0 км/ч) приведены в графическом виде на рисунке 2. Следует отметить, что рабочая ширина захвата 7,5 м обеспечит работу агрегата в диапазоне скоростей движения 1,67-2,22 м/с и глубины обработки почвы от 0,17 до 0,30 м, а ширина захвата 6,75 м в диапазоне глубины 0,19-0,32 м, т.е. данные варианты охватывают практически весь исследуемый диапазон глубины обработки почвы и скоростей движения и являются рациональными с точки зрения загрузки трактора и выполнения работ применительно к данным условиям. Но последний вариант предпочтительней с учетом возможностей работы на большую глубину и получения большей урожайности [4].

Если же применять существующее орудие с рабочей шириной захвата 6,0 м (выпускаемое предприятием производителем), то оно обеспечит работу агрегата в диапазоне заданных скоростей движения при глубине обработки от 0,20 до 0,34 м. К тому же под данное орудие производится сеялка EDX 6000 с шириной захвата 6,0 м, которая позволяет высевать семена весной в обработанные осенью полосы. Применение агрегата с шириной захвата 6,75 м потребует модернизации сеялки для обеспечения качественного посева по обработанным с осени полосам.

Поэтому возникает необходимость проведения сравнительной технико-экономической оценки данных агрегатов с учетом рациональных технологически заданных значений глубины обработки почвы и рабочих скоростей движения.

В качестве базового агрегата принят используемый агрегат на базе трактора К-744Р1 (300 л.с.) с почвообрабатывающей машиной-орудием шириной захвата 6,0 м. Для сравнения приняты агрегаты на базе трактора К-744Р1 и машины-орудия с шириной захвата 6,75 и 7,5 м. Глубина обработки 0,32 м определена на основе оценки ее коэффициента эффективности, а доза внесения удобрений 150 кг/га в физическом весе [6]. Результаты сравнения эксплуатационных затрат МТА при различной ширине захвата представлены в таблице 4.

Установлено, что увеличение рабочей ширины захвата МТА с 6,0 до 6,75 и 7,5 м (агрегат на базе трактора К-744Р1) приводит к повышению чистой производительности на 5,7 и 12,0% соответственно, при снижении расхода топлива на единицу обработанной площади на 5,5 и 11,3%. Величина снижения эксплуатационных затрат при этом не существенна и составляет всего 4,8 и 13,5 руб/га. Поэтому представляет интерес сравнение эффективности МТА при использовании более мощного трактора К-744Р4 (420 л.с.) с рациональной рабочей шириной захвата 9,0 м, что позволит использовать для последующего посева сеялку EDX 9000, выпускаемую компанией Амазоне серийно.



**Рис. 2. Зависимость рабочей ширины захвата от глубины полосовой обработки почвы при движении на различных скоростях**

Сравнение эксплуатационных затрат агрегатов с различной шириной захвата

Показатель	К-744Р1+6 м	К-744Р1+6,75 м	К-744Р1+7,5 м	К-744Р4+9 м
Рабочая скорость движения, м/с	1,82	1,71	1,63	1,89
Чистая производительность, м <sup>2</sup> /с	10,92	11,54	12,23	17,04
Удельный расход топлива, г/м <sup>2</sup>	1,24	1,17	1,10	1,08
Эксплуатационные затраты, руб/га	1578,1	1573,3	1559,8	1315,3

Расчеты показывают, что применение агрегата на базе трактора К-744Р4 и орудия шириной захвата 9,0 м обеспечит повышение чистой производительности МТА в 1,56 раза при снижении расхода топлива на единицу обработанной площади в 1,15 раза. Эксплуатационные затраты при этом снизятся на 262,8 руб/га, а годовой экономический эффект составит 473 тыс. руб. на агрегат.

### Выводы

1. Глубина обработки почвы и рабочая скорость движения агрегата являются высокозначимыми факторами, определяющими рациональную рабочую ширину захвата машины-орудия для агрегатирования с трактором. При глубине обработки почвы 0,17 м рабочий диапазон ширины захвата орудия при агрегатировании с трактором К-744Р1 составляет от 7,5 до 12,75 м, а при глубине 0,32 м – от 3,75 до 6,75 м. При этом чистая производительность МТА с увеличением глубины обработки с 0,17 до 0,32 м существенно снижается – с 16,73-21,81 до 8,62-11,57 м<sup>2</sup>/с.

2. Рабочая ширина захвата 7,5 м обеспечит работу агрегата в диапазоне скоростей движения 1,67-2,22 м/с и глубины обработки почвы от 0,17 до 0,30 м, а ширина захвата 6,75 м в диапазоне глубины 0,19-0,32 м, т.е. данные варианты охватывают практически весь исследуемый диапазон глубины обработки почвы и скоростей движения и являются рациональными с точки зрения загрузки трактора и выполнения работ применительно к данным условиям.

3. Увеличение рабочей ширины захвата МТА с 6,0 до 6,75 и 7,5 м приводит к повышению чистой производительности на 5,7 и 12,0% соответственно, при снижении расхода топлива на единицу обработанной площади на 5,5 и 11,3%. Величина снижения эксплуатационных затрат при этом не существенна и составляет 4,8 и 13,5 руб/га.

4. Применение существующего орудия с рабочей шириной захвата 6,0 м (выпускаемое предприятием производителем) обеспечит работу агрегата на базе трактора К-744Р1 в диапазоне заданных скоростей движения при глубине обработки от 0,20 до 0,34 м. К тому же под данное орудие производится сеялка EDX 6000 с шириной захвата 6,0 м, которая позволяет высевать семена весной в обработанные осенью полосы. Применение агрегата с шириной захвата 6,75 м потребует модернизации сеялки.

5. Использование же агрегата на базе трактора К-744Р4 и орудия шириной захвата 9,0 м обеспечит повышение чистой производительности МТА в 1,56 раза при снижении расхода топлива на единицу обработанной площади в 1,15 раза в сравнении с базовым. Эксплуатационные затраты при этом снизятся на 262,8 руб/га, а годовой экономический эффект составит 473 тыс. руб. на агрегат.

### Библиографический список

1. Беляев В.И., Вольнов В.В. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – 205 с.
2. Беляев В.И., Майнель Т., С.А. Кожанов, Тиссен Р., Беляев В.В., Кожанов Н.А. Международный проект «Кулунда»: обоснование инновационных комплексов машин и технологий возделывания сельскохозяйственных культур для степной зоны Алтайского края // Аграрная наука – сельскому хозяйству: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2014. – Кн. 3. – С. 3-8.
3. Тиссен Р.У. Обоснование технологии полосовой обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Барнаул, 2017. – 19 с.
4. Беляев В.И., Беляев Д.В. Теоретическое обоснование эксплуатационных параметров и режимов работы почвообрабатывающих посевных агрегатов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2007. – № 9 (35). – С. 49-51.
5. Беляев В.И., Майнель Т., Тиссен Р., Рудев Н.В. Влияние глубины осенней обработки почвы и дозы внесения минеральных удобрений на водный режим почвы и урожайность подсолнечника при возделывании по технологии «Strip-Till» в условиях засушливой степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6 (152). – С. 25-32.
6. Тиссен Р., Беляев В.И., Кузнецов В.Н., Соколова Л.В. Оценка эффективности затрат при реализации полосовой технологии осенней обработки почвы в условиях засушливой степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 9 (155). – С. 18-23.

### References

1. Belyaev V.I., Volnov V.V. Resursosberegayushchie tekhnologii vozdelvaniya zernovykh kultur v Altayskom krae: monografiya.- Barnaul, Izd-vo AGAU, 2010. – 205 s.
2. Belyaev V.I., Meinel T., S.A. Kozhanov, Tiessen R., Belyaev V.V., Kozhanov N.A. Mezhdunarodnyy proekt «Kulunda»: Obosnovanie innovatsionnykh kompleksov mashin i tekhnologiy vozdelvaniya selskokhozyaystvennykh kultur dlya stepnoy zony Altayskogo kraya // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: sbornik statey: v 3 kn. / IX Mezhdunarodnaya

nauchno-prakticheskaya konferentsiya (5-6 fevralya 2014 g.). – Barnaul: RIO AGAU, 2014. – Kn. 3. – S. 3-8.

3. Tiessen R.U. Obosnovanie tekhnologii polosovoy obrabotki pochvy pri vozdeleyanii selskokhozyaystvennykh kultur: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. – Barnaul, 2017. – 19 s.

4. Belyaev V.I., Belyaev D.V. Teoreticheskoe obosnovanie ekspluatatsionnykh parametrov i rezhimov raboty pochvoobrabatyvayushchikh posevnykh agregatov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2007. – № 9 (35). – S. 49-51.

5. Belyaev V.I., Meinel T., Tiessen R., Rudev N.V. Vliyaniye glubiny osenney obrabotki pochvy i dozy vnoseniya mineralnykh

udobreniy na vodnyy rezhim pochvy i urozhaynost podsolnechnika pri vozdeleyanii po tekhnologii «Strip-Till» v usloviyakh zasushlivoy stepi Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 6 (152). – S. 25-32.

6. Tiessen R., Belyaev V.I., Kuznetsov V.N., Sokolova L.V. Otsenka effektivnosti zatrat pri realizatsii polosovoy tekhnologii osenney obrabotki pochvy v usloviyakh zasushlivoy stepi Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 9 (155). – S. 18-23.



УДК 574:631.4:628.544(571.15)

С.В. Макарычев, Д.Ю. Эллерт  
S.V. Makarychev, D.Yu. Ellert

## ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И ФИТОИНДИКАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ КУЛУНДЫ

### EVALUATION OF THE NATURAL STATE OF VEGETATION COVER AND PHYTOINDICATION OF SALINE CHESTNUT SOILS OF THE KULUNDA STEPPE

**Ключевые слова:** растительный покров, травянистые сообщества, фитоценоз, каштановые почвы, засоление, фитоиндикация.

При оценке биоразнообразия растительного покрова необходимо, чтобы геоботанические исследования охватывали все варианты сообществ. Объектами наших исследований явились растительные сообщества Кулундинской степи в районе Кучукского месторождения минеральных солей. Естественная зональная растительность на данной территории, развитая на темно-каштановых почвах, представлена разнотравно-типчаково-тырсовыми растительными сообществами с общим проективным покрытием 70-80%. К настоящему времени растительный покров находится на различных стадиях залежной сукцессии. На побережьях соляных озер типчаково-ковыльная степь сменяется солонцеватыми и солончаковыми лугами с галофитной растительностью. На пойменных террасах озер развиты солянковые сообщества, для которых характерны лебеда бородавчатая, солерос европейский и др. На интенсивность соле-накопления в почвах чутко реагирует растительность, что проявляется в увеличении солеустойчивых видов, таких как полынь селитряная, бескильница тончайшая, кохия простертая. В целом уровень золового поступления солей с достаточной точностью определяется биологическими ме-

тодами и выражается в доминирующей роли разноса сульфата натрия с озера Селитренного.

**Keywords:** vegetation cover, graminoid communities, phytocenosis, chestnut soils, salinization, phytoindication.

When evaluating the biodiversity of vegetation cover, geobotanical studies should cover all types of communities. The research targets were plant communities of the Kulunda steppe in the area of the Kuchuk mineral salt deposit. The natural zonal vegetation in this territory developed on dark chestnut soils is represented by forb-fescue-feather grass plant communities with the total projective coverage of 70-80%. By now, the vegetation cover is at various stages of fallow succession. On the coasts of salt lakes the fescue-feather grass steppe is replaced by solonchak and solonchak meadows with halophytic vegetation. On the floodplain terraces of the lakes, saltwort communities are developed; *Atriplex verrucifera* Bieb., *Salicornia europaea* L., etc. are common plants. The vegetation is responsive to salt accumulation intensity; this leads to greater distribution of salt-tolerant species as *Artemisia nitrosa* Web., *Puccinellia tenuissima* Litv. ex V.I. Krecz., and *Bassia prostrata* (L.) Beck. In general, the level of aeolian salt intake is determined with sufficient accuracy by biological methods and is expressed in the dominant role of sodium sulphate dispersal from the Selitrennoye Lake.

**Макарычев Сергей Владимирович**, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Эллерт Дмитрий Юрьевич**, аспирант, каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Makarychev Sergey Vladimirovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Chair of Physics, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Ellert Dmitriy Yuryevich**, post-graduate student, Altai State Agricultural University. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.