

7. Шейн Е.В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. – 2003. – № 1. – С. 53-61.

**References**

1. Skvortsova E.B., Shein E.V. Abrosimov K.N., Gerke K.M., Korost D.V. Komp'yuternaya mikrotomografiya v pochvovedenii // Doklad na Dokuchaevskikh chteniyakh. – SPb., 2014.

2. Khaydapova D., Milanovskiy E.Yu., Shein E.V. 2013. Impact of Antropogenic Load on Rheological Properties of Typical Chernozems (Kursk Region, Russia). Soil Degradation, Advances in Geoecology 42, Catena Verlag GMBH Germany, 2013, P. 62-71.

3. Mezger T.G. The Rheology Handbook. 2011. 3-rd Revised Edition, Hanover, Germany, P. 436

4. Markgraf W., R.Horn, S. Peth. 2006. An approach to rheometry in soil mechanic-structural changes in bentonite, clayey and silty soils. Soil and Tillage Research 91, P. 1-14.

5. Shang J., Flury M., Harsh J.B., Zol-lars R.L. Comparison of different methods to measure contact angles of soil colloids // Journal of Colloid and Interface Science. – 2008. – V. 256. – No. 1. – P. 299-307.

6. Bachmann J., Guggenberger G., Baumgartl T., Ellerbrock R.H., Urbanek E., Goebel M-O., Kaiser K., Horn R., Fischer W.R. Physical carbon-sequestration mechanisms under special consideration of soil wettability // J. Plant Nutr. Soil Sci. 2008, 171, 14-26.

7. Shein E.V., Milanovskii E.Yu. Rol' i zna-chenie organicheskogo veshchestva v obrazovanii i ustoichivosti pochvennykh agregatov // Pochvovedenie. – 2003. – № 1. – S. 53-61.



УДК 631.4

**А.Э. Вайгель, А.Б. Умарова, М.М. Сусленкова, Т.Н. Початкова**  
**A.E. Vaigel, A.B. Umarova, M.M. Suslenkova, T.N. Pochatkova**

**ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТВЕРДОФАЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ  
 ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

**CHANGE OF PROPERTIES OF SOLID-PHASE COMPONENTS OF SOIL CONSTRUCTIONS DURING  
 THE FIRST YEARS OF THEIR FUNCTIONING**

**Ключевые слова:** почвенные конструкции, физические свойства и режимы почв, городское озеленение, гранулометрический состав.

Формирование целевых почвенных конструкций разного назначения, как правило, сопряжено с использованием почвенных слоев и горизонтов разного генезиса. Рабочей гипотезой является то, что объединенные в единую систему они в процессе их функционирования подвергаются быстрой трансформации. Причем, изменения касаются свойств не только быстроизменяемых фаз, но и медленно изменяющейся твердой фазы почв. Подобная эволюция почвенных конструкций ведет к их деградации. Создание устойчивых почвенных конструкций является важной проблемой их устойчивого использования. Для изучения трансформации свойств конструкторов на почвенном стационаре МГУ им. М.В. Ломоносова были созданы различные варианты почвенных конструкций. Установлено, что специфика строения почвенного

профиля существенно влияет на рост и развитие травянистых растений. Обнаружены изменения в свойствах твердофазных компонентов.

**Keywords:** soil constructions, soil physical properties and regimes, urban greening, particle-size composition.

The main feature of greenerring in urban areas is to create a visually pleasant green cover of the territory, consisting mainly of herbaceous plants. However, due to unfavorable environmental conditions in cities, for stable existence of those plants it is necessary to create specialized soil constructions. To study the transformation of constructed soil properties, different soil constructions were created at the Soil Station of Lomonosov Moscow State University. It was found that the structural features of the soil profile affected significantly the growth and development of plants. The changes of properties of solid-phase components were revealed.

**Вайгель Анастасия Эдуардовна**, аспирант, каф. физики и мелиорации почв, фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Тел.: (495) 939-25-42. E-mail: n.vaigel@gmail.com.

**Vaigel Anastasiya Eduardovna**, Post-Graduate Student, Soil Physics and Reclamation Dept., Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. Ph.: (495) 939-25-42. E-mail: n.vaigel@gmail.com.

**Умарова Аминат Батальбиевна**, д.б.н., проф., каф. физики и мелиорации почв, фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Тел.: (495) 939-25-42. E-mail: a.umarova@gmail.com.

**Сусленкова Мария Михайловна**, студент, каф. физики и мелиорации почв, фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Тел.: (495) 939-25-42. E-mail: suslenkovamaria@gmail.com.

**Початкова Татьяна Николаевна**, к.б.н., н.с., каф. физики и мелиорации почв, фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Тел.: (495) 939-25-42. E-mail: a.umarova@gmail.com.

**Umarova Aminat Batalbiyevna**, Dr. Bio. Sci., Prof., Soil Physics and Reclamation Dept., Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. Ph.: (495) 939-25-42. E-mail: a.umarova@gmail.com.

**Suslenkova Mariya Mikhaylovna**, student, Soil Physics and Reclamation Dept., Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. Ph.: (495) 939-25-42. E-mail: suslenkovamaria@gmail.com.

**Pochatkova Tatyana Nikolayevna**, Cand. Bio. Sci., Staff Scientist, Soil Physics and Reclamation Dept., Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. Ph.: (495) 939-25-42. E-mail: a.umarova@gmail.com.

### Введение

Необходимо создавать долговременные продуктивные почвенные конструкции для городского озеленения. Достаточно часто для создания подобных почвенных конструкций в качестве воспроизводства природных почвенных горизонтов используют довольно контрастные по своим физико-химическим свойствам слои: песок, торф, нижние минеральные горизонты. Созданная подобным образом система озеленения в процессе функционирования претерпевает различные изменения и трансформируется, что ведет к иному функционированию почв. В связи с этим целью работы явилось изучение физико-химических свойств специализированных почвенных конструкций различного строения.

### Объекты и методы исследования

На территории почвенного стационара МГУ в июле 2012 г. были созданы три варианта почвенных конструкций площадью 0,25 м<sup>2</sup>. Мощность насыпного слоя составила 30 см, из которых нижняя часть 12 см представлена горизонтом А<sub>пах</sub>, снятый при формировании котлована под конструкции и тщательно перемешан. Различия в строении вариантов обусловлены строением верхних 18 см и представлены следующими профилями: (1) гор. А<sub>пах</sub> (грунт); (2) А<sub>пах</sub> (0-6 см), торф низинный (6-12 см), песок (12-18 см) (слоистая); (3) смешанная конструкция из трех компонентов (смесь). Почву уплотняли до характерных значений. Конструкции тепло- и гидроизолированы по периметру и засеяны смесью газонных трав (0,05 г семян/см<sup>2</sup>): овсяница красная (*Festuca rubra*) и райграс пастбищный (*Lolium perenne*), в соотношении 9:1. Для рассматривания разнообразных вариантов воздействия все 3 варианта конструкций были поделены на 3 группы – контрольная, с внесением загрязняющих веществ, с внесением гуматов. На всех площадках поддерживались одинаковые внешние условия.

Были проведены следующие определения свойств почв: плотность твердой фазы пикнометрическим методом [2]; агрегатный состав и водоустойчивость агрегатов [5]; определение содержания углерода методом кулонометрического титрования на анализаторе AN-7529; мониторинг температурного режима с помощью программируемых температурных датчиков «Термохрон»; измерение давления почвенной влаги тензиометрическим методом [4]; определение реологических свойств; изучение внутренней структуры почвенных конструкций на уровне наночастиц с использованием электронной микроскопии, на сканирующем микроскопе JSM.

### Результаты и их обсуждение

Значения основных физических и химических свойств почвенных слоев представлены в таблице. Исследованные горизонты (слои) имеют типичные различия по значениям порозности, содержанию углерода, плотности твердой фазы почв, pH и другим свойствам. Так, наибольшее содержание органического углерода наблюдалось в торфяном горизонте, повышенные значения плотности почв и плотности твердой фазы – в песчаном слое, наиболее высокие величины водорастворимого фосфора и калия – в пахотном горизонте и в смеси. Величины всех свойств имели характерные значения для данных горизонтов и слоев и соответствуют литературным данным [1, 3].

В лабораторных условиях на электронном сканирующем микроскопе были исследованы основные составляющие почвенных конструкций, такие как торф, горизонт А пахотный, песок (рис. 1).

На снимках отчетливо видна разница между используемыми материалами. Торф включал в себя растительный остаток разной степени разложенности и представлял собой несвязанный между собой материал, как и песок. Пахотный горизонт состоял из частиц, скрепленных и заполненных, по-видимому, рыхлым органо-минеральным материалом.

**Физические и химические свойства почвенных горизонтов**

| Горизонт         | $\rho_s$ ,<br>г/см <sup>3</sup> | $\varepsilon_t$ ,<br>см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup> | $\rho_b$ ,<br>г/см <sup>3</sup> | С орг., % | W, % | pH <sub>водн.</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,<br>мг/100 г<br>почвы | K <sub>2</sub> O,<br>мг/100 г<br>почвы |
|------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|-----------|------|---------------------|--|--|
| A <sub>пах</sub> | 2,59                            | 0,49  | 1,32                            | 2,24      | 15   | 7,08                | 14,6   | 27,87                                  |
| Торф             | 1,52                            | 0,79  | 0,31                            | 42,7      | 130  | 5,6                 | 1,18   | 1,61                                   |
| Песок            | 2,75                            | 0,38  | 1,7                             | 1,00      | 8    | 4,6                 | 1,08   | 1,65                                   |
| Смесь            | 1,87                            | 0,53  | 1,12                            | 12,74     | 25   | 6,68                | 9,21   | 8,14                                   |

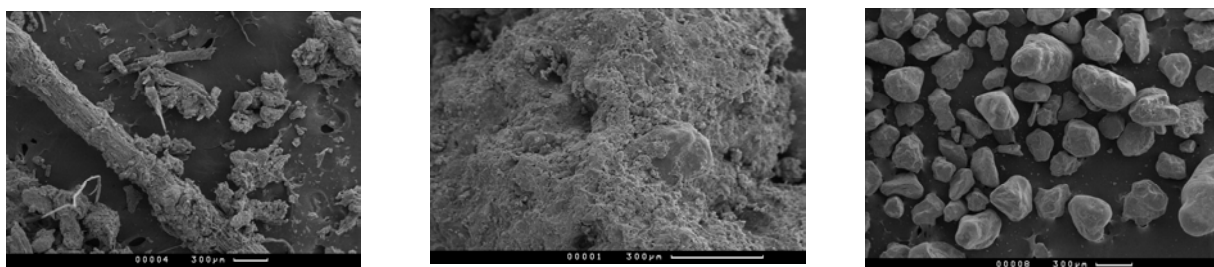


Рис. 1. Фотоснимки почвенных горизонтов, полученных на сканирующем микроскопе, увеличение до 10000: а – торф; б – горизонт A<sub>пах</sub>; в – песок

Определение гранулометрического состава почв показало, что горизонт A<sub>пах</sub> содержал невысокое количество илистой фракции, преобладали пылеватые частицы. Смесь, образованная путем перемешивания торфа, песка и горизонта A<sub>пах</sub>, включала много крупных фракций органической и минеральной природы. К настоящему времени все слои всех исследованных вариантов обогатились тонкими фракциями, особенно заметно в поверхностных горизонтах и в песчанном слое, расположенном под гор. A<sub>пах</sub> и торфа.

Весьма чувствительны к разного рода изменениям реологические свойства почв. Поэтому на реотесте была определена основная реологическая кривая (ОРК) для высококонцентрированных суспензий (ВС) используемых материалов при влажности суточного набухания. Суспензии обладают свойствами как тиксотропной дисперсной системы, так и дилатантной, что проявляется в гистерезисе кривых течения «зависимости скорости сдвига от напряжения сдвига»  $\gamma(\tau)$ , полученных при увеличении и при уменьшении скорости последовательно в 3 циклах, а также в уменьшении эффективной вязкости ( $\eta_{эф}$ ) при увеличении скорости сдвига.

Оказалось, что форма ОРК гор. A<sub>пах</sub> имеет вид свойственный жидкообразным телам, а у торфа и песка – более твердообразным (рис. 2). Особенностью смеси явилось то, что по форме ее кривые аналогичны кривым торфа и песка для прямого хода увеличения скорости сдвига и

кривым пахотного горизонта при обратном ходе (при уменьшении скорости сдвига).

Максимальные значения напряжения сдвига наблюдались в смеси и составили 200-1300 Па, торфе – 200-700 Па, песке – 100-500 Па и наименьшее в A<sub>пах</sub> – 5-150 Па.

После 2 лет функционирования в составе почвенных конструкций заметны изменения в форме и расположении реологических кривых. В данной работе рассмотрим поверхностные горизонты, представленные в 1- и 2-м вариантах горизонтом A<sub>пах</sub>, а в третьем – смесью. Для первого варианта особых изменений не выявлено (рис. 3 а), форма реологической кривой и поведение прямой и обратной ветви всех трех циклов образца A<sub>пах</sub> схожи с поведением исходного (рис. 2 а). Однако абсолютные значения напряжения сдвига в несколько раз ниже, что свидетельствует об изменениях микроструктуры, процессах ее разрушения вследствие интенсивного землепользования под газонными травами. Форма основной реологической кривой образца гор. A<sub>пах</sub> слоистой конструкции также близка форме кривой исходного образца (рис. 3 а, рис. 2 б).

Но стоит отметить некоторые различия: прямые и обратные ветви всех циклов не пересекаются, гистерезис мало выражен. Реологическая кривая смеси после двух лет функционирования еще больше сблизились с кривой торфа (рис. 2 б, Б и рис. 3 в). Но значение напряжения сдвига в первом цикле гораздо выше, чем у торфа, что свидетельствует о том, что смесь имеет более прочную структуру.

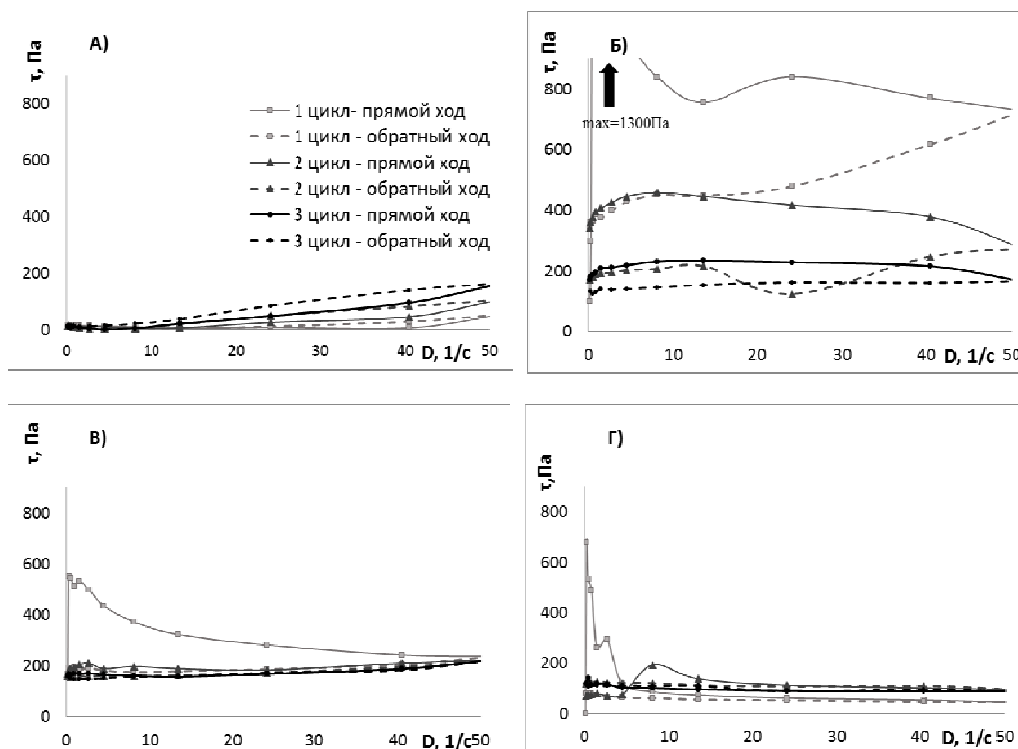


Рис. 2. Основная реологическая кривая исходных образцов: а – гор.  $A_{пах}$ ; б – смесь; в – торф; г – песок

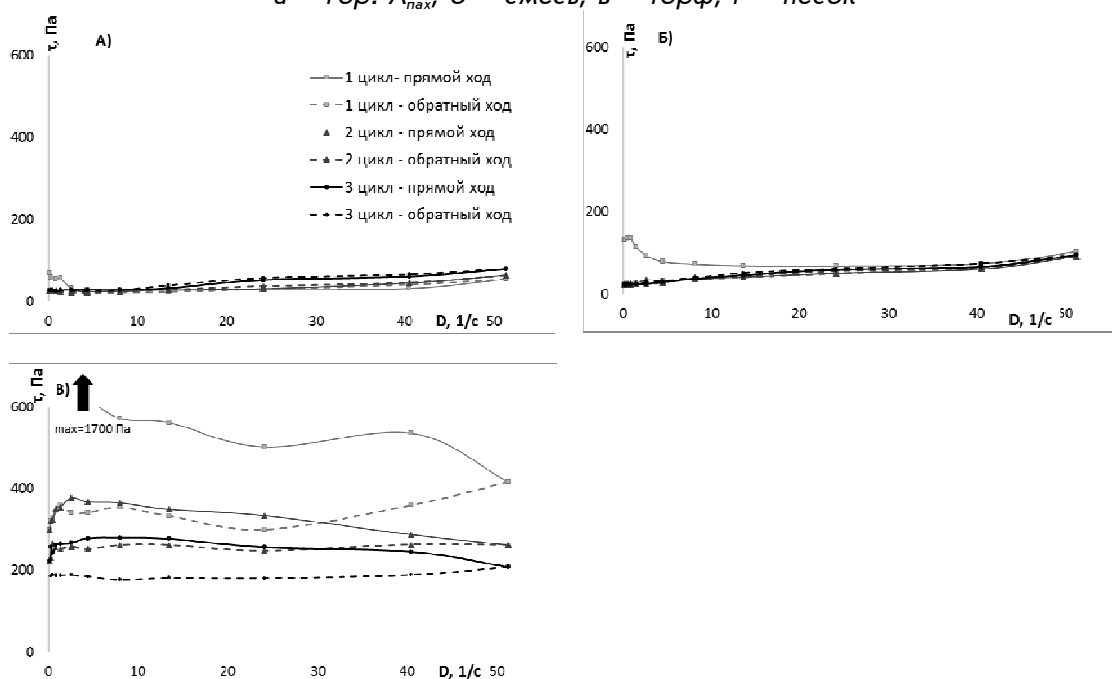


Рис. 3. Основная реологическая кривая почвенных образцов, отобранных из поверхностных горизонтов (0-5 см): а – вариант 1, гор.  $A_{пах}$ ; б – вариант 2, гор.  $A_{пах}$  (слоистая конструкция); в – вариант 3, смесь

**Заключение**

Таким образом, проведенные лабораторные исследования позволили показать высокую контрастность физико-химических свойств почвенных горизонтов, выбранных для создания почвенных конструкций: среднесуглинистого пахотного горизонта, песка и торфа.

В почвенных конструкциях разного строения уже после года эксплуатации обнаруже-

ны заметные различия в гранулометрическом составе. Горизонт  $A_{пах}$  почвенного стационара МГУ обеднен илистой фракцией. Смешанная конструкция имеет наиболее оптимальные гранулометрические показатели за счет внесения торфа. В слоистой конструкции наблюдается повышенное содержание ила в песчаном горизонте, что обусловлено вымыванием ила из вышележащего торфа и пахотного горизонта.

На реологические свойства почвы большое влияние оказывает внесение торфа и песка, ведущее к формированию более жесткой структуры смеси, чем у отдельных слоев и горизонтов. В процессе функционирования почвенных конструкций пахотный горизонт снизил свою микроструктурность, в отличие от варианта смеси, в которой формы реологических кривых еще в большей степени сблизились с формой кривых торфа.

#### Библиографический список

1. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
2. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 304 с.
3. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: Изд-во МГУ, КолосС, 2004. – 720 с.
4. Судницын И.И. Экологическая гидрофизика почв. – М.: МАКС Пресс. – Ч. 1. – 2006. – 60 с.

5. Теории и методы физики почв / под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. – Тула: Гриф и К, 2007. – 616 с.

#### References

1. Voronin A.D. Osnovy fiziki pochv. – M.: IZD-VO MGU, 1986. – 244 s.
2. Zaidel'man F.R. Melioratsiya pochv. – M.: IZD-VO MGU, 1987. – 304 s.
3. Mineev V.G. Agrokimiya. – M.: IZD-VO MGU, KolosS, 2004. – 720 s.
4. Sudnitsyn I.I. Ekologicheskaya gidrofizika pochv. – M.: MAK S Press, 2006. – Ch. 1. – 60 s.
5. Teorii i metody fiziki pochv / pod red. E.V. Sheina, L.O. Karpachevskogo. – Tula: Grif i K., 2007. – 616 s.

Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проекты № 12-04-01297, 13-04-01475.



УДК 631.445.4:631.43(571.15)

С.В. Макарычев, И.А. Бицошвили, Л.В. Лебедева  
S.V. Makarychev, I.A. Bitsoshvili, L.V. Lebedeva

### АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО (НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА НИИСС ИМ. М.А. ЛИСАВЕНКО)

#### AGRO-PHYSICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM (CASE STUDY OF A PRODUCTION PLOT OF LISAVENKO RESEARCH INSTITUTE OF GARDENING IN SIBERIA)

**Ключевые слова:** гранулометрический и микроагрегатный состав, плотность, водно-физические свойства, порозность, гумус.

Исследованные черноземы имеют легкосуглинистый гранулометрический состав. В его горизонтах содержится до 33% песчаной фракции и от 21 до 45% крупной пыли. Количество ила невелико. Плотность сложения почвы возрастает с глубиной от 1,28 в гумусовом слое до 1,65 г/см<sup>3</sup> в почвообразующей породе. В то же время общая порозность снижается, соответственно, с 54 до 40%. Количество гумуса в пахотном слое высокое (7,0%). По величине рН<sub>e</sub> почва близка к нейтральной. Преобладающим элементом в почвенном комплексе является кальций. Обеспеченность подвижным фосфором и калием также значительна. Количество подвижных форм азота низкое. В целом физические свойства чернозема выщелоченного определяют высокую общую биологическую активность.

**Keywords:** particle-size composition, micro-aggregate composition, density, hydrophysical properties, porosity, humus.

The studied chernozems are of light-loamy particle-size composition. The horizons contain up to 33% of sand fraction and 21-45% of coarse silt. Clay content is low. Soil density increases with the depth from 1.28 g cm<sup>3</sup> in humus layer to 1.65 g cm<sup>3</sup> in the parent rock material. At the same time, the total porosity decreases from 54% to 40% respectively. The humus content in the arable layer is high (7.0%). The soil reaction is close to neutral. Calcium is the prevailing element in the soil complex. The availability of labile phosphorus and potassium is also significant. The amount of labile forms of nitrogen is low. In general, the physical properties of leached chernozem define the overall high biological activity.

**Макарычев Сергей Владимирович**, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 68-83-53. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Бицошвили Ирина Алексеевна**, к.с.-х.н., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: profagau@mail.ru.

**Makarychev Sergey Vladimirovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Chair of Physics, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-57. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Bitsoshvili Irina Alekseyevna**, Cand. Agr. Sci., Altai State Agricultural University. E-mail: profagau@mail.ru.