

ВИДОСПЕЦИФИЧНОСТЬ ЛЮМБРИЦИД В БИОКОНВЕРСИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ

SPECIES SPECIFICITY OF LUMBRICIDAE IN BIOCONVERSION OF ORGANIC SUBSTRATES

Романова Е.М. — доктор биологических наук, профессор
Мухитова М.Э. — кандидат биологических наук, доцент
Романов В.В. — кандидат технических наук, доцент
Любомирова В.Н. — кандидат биологических наук, доцент
Шадыева Л.А. — кандидат биологических наук, доцент
Шленкина Т.М. — кандидат биологических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
 E-mail: vvr-emr@yandex.ru, t-shlenkina@yandex.ru, marina.muhitova.79@mail.ru, bbr-53@yandex.ru, nvaselina@yandex.ru, ludalkoz@mail.ru

Romanova E.M. — Doctor of Biological Sciences, Full Professor
Muhitova M.E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Romanov V.V. — Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Lyubomirova V.N. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Shadyeva L.A. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Shlenkina T.M. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin"
 E-mail: vvr-emr@yandex.ru, marina.muhitova.79@mail.ru, bbr-53@yandex.ru, nvaselina@yandex.ru, ludalkoz@mail.ru, t-shlenkina@yandex.ru

Статья посвящена деструкторам семейства Lumbricidae. Цель работы — исследование особенностей биоконверсии органических субстратов разными видами люмбрицид. В задачи входило вермикютивирование в органических субстратах с последующей оценкой химического состава полученного биогумуса, оценкой его питательной ценности, содержания тяжелых металлов. Показано, что химический состав полученного биогумуса и его питательная ценность определяются видовой принадлежностью деструктора. По питательной ценности биогумус природных видов люмбрицид *E. fetida* и *L. rubellus* не уступал биогумусу промышленного гибрида *E.f. andrei*. Переход биогенных элементов субстрата из недоступных форм в доступные для растений формы происходит под действием микробиоты кишечника люмбрицид. Качество переработки каждого из органических субстратов определялось занимаемой экологической нишей тестируемых видов люмбрицид. Один и тот же субстрат виды люмбрицид разных экологических ниш перерабатывали с разной результативностью. Люмбрициды вида *L. rubellus* в соответствии со своей пищевой специализацией вступают в процессы деструкции субстрата на более поздних этапах биотического круговорота, по сравнению компостными червями *E. fetida* и *E.f. andrei*, поэтому скорость вермитрансформации исходных субстратов у представителей этого вида была самой низкой. Для всех тестируемых видов было характерно трехкратное снижение уровня тяжелых металлов в вермикомпосте за счет связывания органическими соединениями, вырабатываемыми кишечной микробиотой с переводом в малоподвижные формы.

Ключевые слова: биоконверсия, деструкция, биогумус, люмбрициды

Введение

Ежегодно в экосистемах Земли образуются огромные объемы органического вещества растительного и животного происхождения, которые, попадая в почву, разлагаются микроорганизмами и организмами-деструкторами [1, 3, 5]. Важная роль в этом процессе отводится люмбрицидам. Они успешно осуществляют деструкцию органических отходов растительного и животного происхождения, в том числе отходов сельскохозяйственного производства, загрязняющих окружающую среду [2, 7, 8].

В организме люмбрицид под действием симбионтной микробиоты детрит разлагается до доступных растениям химических элементов, которые далее включаются в биотический круговорот веществ. Копролиты люмбрицид, обогащенные микробиотой и ферментами, подавляют развитие патогенной микрофлоры и гнилостных процессов, обеззараживают почву [6, 9, 10].

Цель работы заключалась в исследовании видовых особенностей биоконверсии органических отходов видами семейства Lumbricidae.

В задачи нашего исследования входило вермикютивирование органических субстратов видами *Lumbricus rubellus*,

The article is devoted to decomposers of family Lumbricidae. The purpose of the work was to study specificity of bioconversion of organic substrates by different species of Lumbricidae. The objectives included vermiculture in organic substrates followed by an assessment of the chemical composition of the humus obtained, an assessment of its nutritional value and the content of heavy metals. It was shown that the chemical composition of the biohumus and its nutritional value were determined by decomposer species. The nutritional value of the biohumus obtained with the activity of natural species *E. fetida* and *L. rubellus* were not inferior to the biohumus obtained with the activity of industrial hybrid *E.f. andrei*. Transition of biogenic elements of the substrate into accessible forms for plants was caused by intestinal microbiota of Lumbricidae. The conversion quality of each organic substrate was determined by ecological niche taken by tested species of Lumbricidae. Lumbricides from different ecological niches converted the same substrate with different performance. *L. rubellus*, in accordance with their nutritional adaptation, began decomposition processes at later stages of biotic cycle, in comparison with compost worms *E. fetida* and *E.f. andrei*, therefore, the vermitransformation rate of the original substrates provided by this species was the lowest. All tested species were characterized by a threefold decrease in the level of heavy metals in vermicompost due to the binding by organic compounds produced by intestinal microbiota with a transition into immobile forms.

Keywords: bioconversion, decomposition, biohumus, Lumbricidae.

Eisenia fetida и промышленным гибридом *Eisenia fetida andrei* для получения биогумуса; исследование химического состава и загрязненности тяжелыми металлами биогумуса.

Методика

Исследования проводили на кафедре биологии, ветеринарной генетики, паразитологии и экологии факультета ветеринарной медицины и биотехнологии Ульяновского ГАУ.

В работе использовали три вида вермикюльтуры: малый красный выползок (*Lumbricus rubellus*), компостные черви *Eisenia fetida* и промышленный калифорнийский гибрид *Eisenia fetida andrei*. Всего в опыте было использовано по 1,5 кг биомассы вермикюльтуры каждого из видов. Объектом исследования служил биогумус, выработанный в результате вермикюпостирирования представителями семейства Lumbricidae. Субстрат вермикюпоста включал почву, измельченное сено, отходы животноводства в равных долях.

Вермикюпостирирование осуществляли в течение трех месяцев, после чего производили оценку полученного биогумуса. Критерием готовности вермикюпоста служило отсутствие в продукте вермикюпостирирования (биогумусе) непереработанных органических и минеральных остатков, семян растений.

Качество продукта вермикомпостирования оценивали в соответствии с действующими ГОСТ. Были использованы методы титриметрии, спектрофотометрии, фотоэлектрокалориметрии, рефрактометрии, фотометрии.

В полученном вермикомпосте определяли содержание основных биогенных элементов: азота, фосфора, калия, кальция; содержание тяжелых металлов: свинца, кадмия, ртути и мышьяка.

Результаты

В ходе исследований было установлено, что биогумус, выработанный разными видами любрицид, по своему химическому составу зависел от состава исходного субстрата, включавшего навоз разных видов сельскохозяйственных животных: свиней, лошадей, кроликов. Результаты проведенных исследований приведены на рис. 1–3.

Исследование химического состава биогумуса показало, что по своему химическому составу наиболее ценным является биогумус, выработанный любрицидами из конского навоза. В этом продукте вермикомпостирования было выявлено в среднем наибольшее содержание общего гумуса — $24,27 \pm 1,3\%$, общего азота — $4,23 \pm 0,5\%$, общего фосфора — $1,67 \pm 0,12\%$, общего калия и кальция, соответственно $1,16 \pm 0,03$ и $0,84 \pm 0,02\%$ (рис. 1). Биогумусы (вермикомпо-

сты), выработанные любрицидами из субстратов на основе кроличьего и свиного навоза, достоверно уступали по своим агрохимическим показателям биогумусу из конского навоза ($p < 0,05$) (рис. 2, 3).

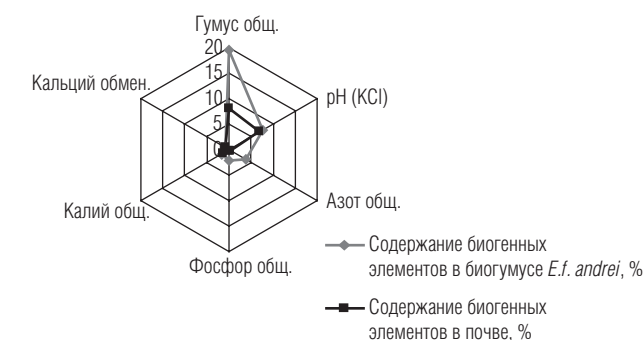
Содержание биогенных веществ в биогумусе было строго видоспецифично и зависело от видовой принадлежности вермиккультуры.

Следует отметить, что биогумус, полученный от видов любрицид, обитающих в естественных биотопах Средне-волжского региона, таких как *E. fetida* и *L. rubellus*, не уступал по питательной ценности биогумусу, продуцированному селекционным подвидом *E.f. andrei* (рис. 1–3).

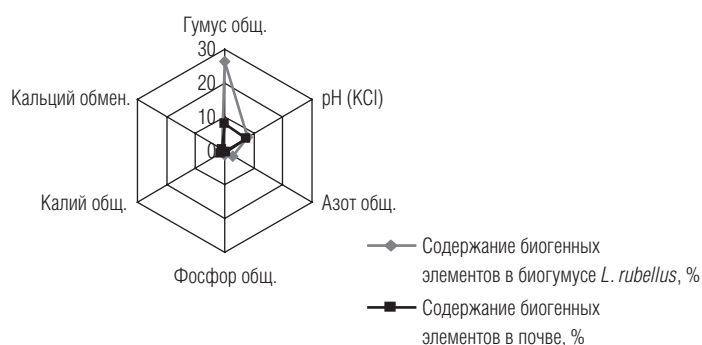
Субстраты в процессе вермипереработки подвергались воздействию кишечной микробиоты любрицид, которая способствовала переходу биогенных элементов из недоступных в доступные для растений формы.

Один и тот же субстрат разные виды любрицид перерабатывали с разной результативностью, на качество переработки субстрата вермиккультурой влияла экологическая специализация тестируемых видов любрицид.

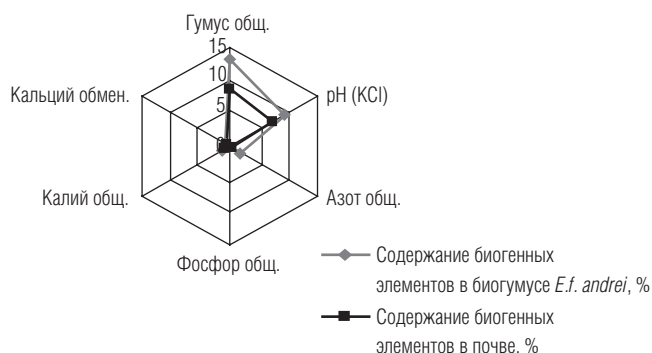
Вид *L. rubellus* относят к почвенно-подстилочной экологической группе любрицид. Любрициды вида *L. rubellus* в соответствии со своей пищевой специализацией вступают в процессы деструкции субстрата на более поздних этапах



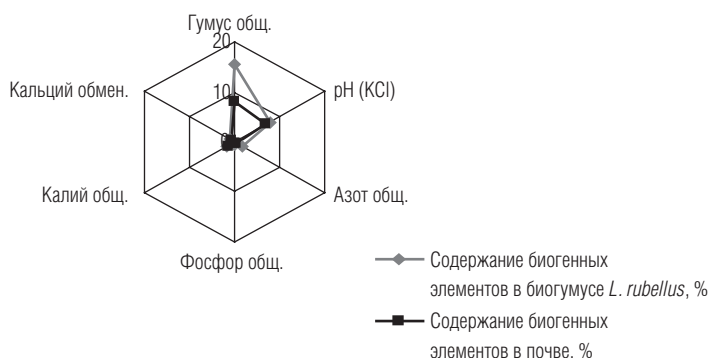
а) биогумус на основе конского навоза



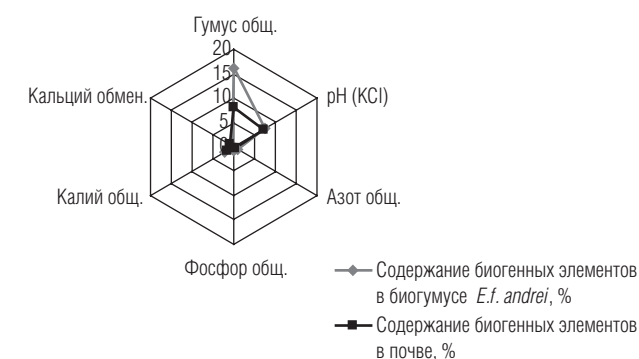
а) биогумус на основе конского навоза



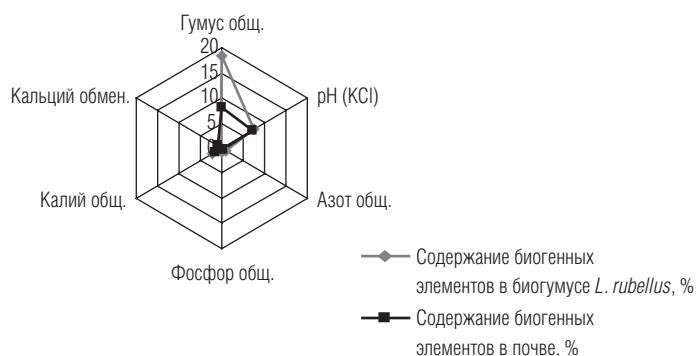
б) биогумус на основе свиного навоза



б) биогумус на основе свиного навоза



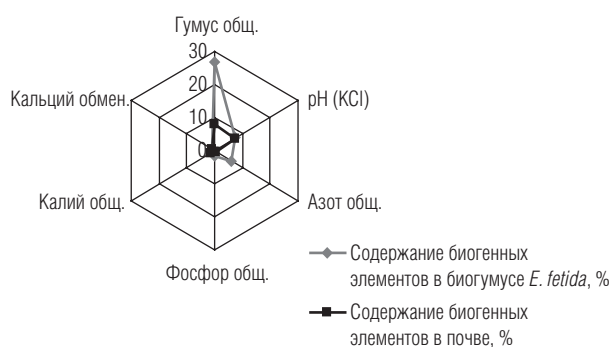
в) биогумус на основе кроличьего навоза



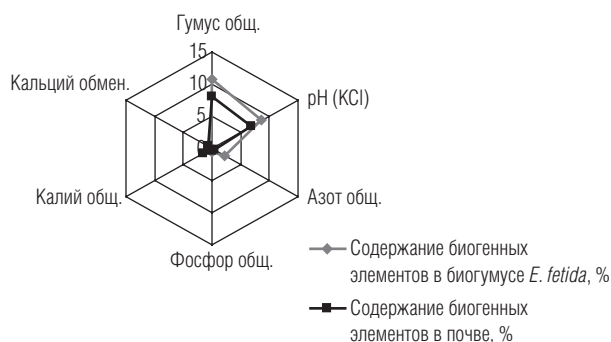
в) биогумус на основе кроличьего навоза

Рис. 1. Содержание биогенных элементов в биогумусе *E.f. andrei*

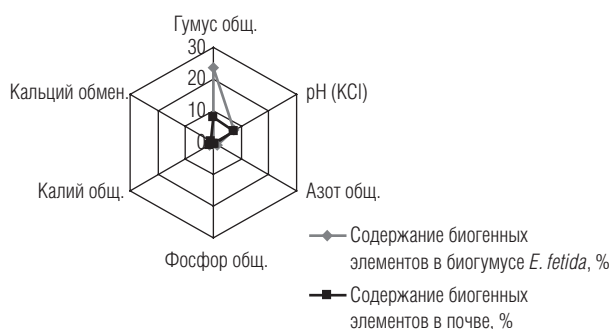
Рис. 2. Содержание биогенных элементов в биогумусе *L. rubellus*



а) биогу́мус на основе конского навоза



б) биогу́мус на основе свиного навоза



в) биогу́мус на основе кроличьего навоза

Рис. 3. Содержание биогенных элементов в биогумусе *E. fetida*

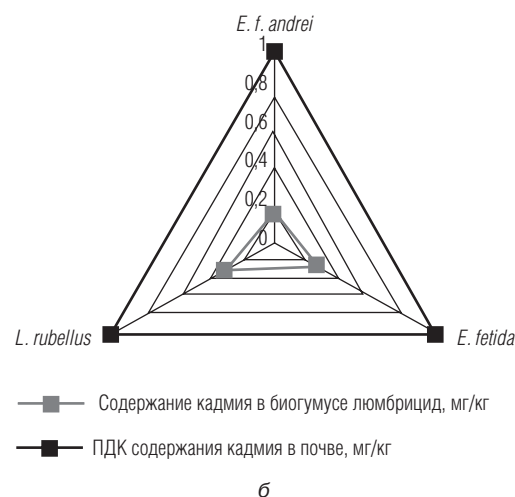
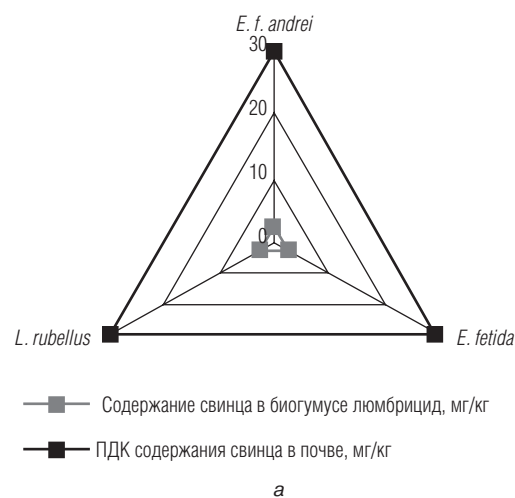


Рис. 4. Содержание тяжелых металлов в биогумусе люмбрицид

биотического круговорота по сравнению компостными червями *E. fetida* и *E.f. andrei*, поэтому скорость вермитрансформации субстрата у представителей этого вида ниже.

Результаты наших исследований также показали, что и субстраты, используемые для вермикомпостирования, и полученный биогу́мус загрязнены тяжелыми металлами. Наиболее токсичных тяжелых металлов — мышьяка и ртути в биогу́мусах обнаружено не было, однако присутствовали свинец и кадмий.

Нами было показано, что в процессе вермикомпостирования люмбрицидами содержание тяжелых металлов в вермикомпосте, по сравнению с субстратом, существенно снижалось. Установлено, что в процессе вермикомпостирования существенно снизился уровень свинца и кадмия. По данным наших исследований, наибольшей детоксикационной способностью обладал промышленный гибрид *E.f. andrei*, который снизил токсичность вермикомпоста, по сравнению с субстратом, в четыре раза. Представители видов *E. fetida* и *L. rubellus* также проявили хорошие детоксикационные способности, снизив токсичность субстратов почти в три раза ($p < 0,05$) (рис. 4).

Снижение уровня тяжелых металлов в биогумусе, как показали наши предварительные исследования [4, 11, 12], происходит за счет частичной аккумуляции в тканях люмбрицид, а также за счет связывания тяжелых металлов органическими соединениями, вырабатываемыми кишечной микробиотой люмбрицид, с переводом в малоподвижное состояние.

Выводы

1. Химический состав биогу́муса, полученного из отходов животноводства, определялся видовой принадлежностью вермиккультуры.

2. Люмбрициды разных экологических ниш с разной интенсивностью перерабатывали органические субстраты.

3. Качество переработки субстрата определялось экологической специализацией тестируемых видов.

4. Содержание тяжелых металлов в биогумусе, полученном с использованием люмбрицид, в три раза ниже, чем в исходном субстрате.

• ЛИТЕРАТУРА

1. Игнаткин Д.С. Комплексная агробиотехнология ускоренной утилизации древесного опада с использованием компостных люмбрицид / Д.С. Игнаткин, Ш.Р. Зялалов, И.С. Галушко, Е.М. Романова, В.С. Маланина // Научно-методический электронный журнал Концепт. — 2016. — Т. 26. — С. 331–335.
2. Мухитова М.Э. Оптимизация состава субстрата для повышения эффективности твердофазной биоконверсии отходов животноводства / М.Э. Мухитова, Д.С. Игнаткин, Т.Г. Баева // Мат-лы IV Междунар. научно-практ. конф.: Молодежь и наука XXI века — 2014. — С. 83–89.
3. Мухитова М.Э. Сравнительная оценка субстратов из органических отходов разных отраслей животноводства по скорости их биотрансформации в вермикомпост под действием вермиккультуры *Eisenia foetida andrei* / М.Э. Мухитова, Е.М. Романова, Игнаткин Д.С. // В сборнике статей: Аграрная наука — сельскому хозяйству. — 2011. — С. 186–189.
4. Романова Е.М. Потенциал воспроизводства люмбрицид в условиях пониженных температур / Е.М. Романова, М.Э. Мухитова, Д.С. Игнаткин // Мат-лы II Междунар. научно-практ. конф.: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. — 2010. — С. 136–139.
5. Галушко И.С. Роль личинок *Oryctes nasicornis* в почвообразовательном процессе / И.С. Галушко, Ш.Р. Зялалов, Д.С. Игнаткин, Е.М. Романова // Современные научные исследования и разработки. — 2016. — № 3(3). — С. 202–204.
6. Романова Е.М. Люмбрициды средневожского региона в условиях вермиккультуры / Е.М. Романова, М.Э. Мухитова, Д.С. Игнаткин // Мат-лы VI междунар. научно-практ. конф.: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. — 2015. — С. 24–26.
7. Любомирова В.Н. Оценка интегральной токсичности почв несанкционированных свалок твердых бытовых отходов Ульяновской области с использованием вермиккультуры *E. foetida* / В.Н. Любомирова, Е.М. Романова, В.В. Романов, Д.С. Игнаткин // Научно-методический электронный журнал Концепт. — 2015. — Т. 13. — С. 3736–3740.
8. Романова Е.М. Повышение эффективности вермиккультуры *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) в условиях симбиотного сообщества / Е.М. Романова, Д.С. Игнаткин, М.Э. Мухитова, К.О.Новикова, В.С. Маланина // Мат-лы III междунар. научной интернет-конф.: Биотехнология. Взгляд в будущее. — 2014. — С. 83–87.
9. Романова Е.М. Сравнительное исследование структурирующих способностей компостных червей видов *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) и *Eisenia hortensis* (Michaelsen, 1889) (*Oligochaeta, Lumbricidae*) / Е.М. Романова, Д.С. Игнаткин, М.А. Видеркер, М.Э. Мухитова, В.С. Маланина // Международный научно-исследовательский журнал. — 2014. — № 2–1(21). — С. 57–58.
10. Романова Е.М. Сравнительная оценка репродуктивных характеристик компостного червя *Eisenia fetida* (Savigny, 1926) локальных популяций Ульяновской области / Романова Е.М., Мухитова М.Э., Игнаткин Д.С. // Мат-лы V междунар. научно-практ. конф.: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. — 2013. — С. 133–136.
11. Титова Е.В. Изменение химического состава природных субстратов в процессе биоконверсии вермикультивированием / Е.В.Титова, М.Э. Мухитова // Мат-лы III Всеросс. научно-практ. конф.: Проблемы экологии и охраны природы. Пути их решения — 2006. — С. 155–158.
12. Романова Е.М. Особенности химического состава биогумуса, продуцированного представителями семейства *Lumbricidae* / Е.М. Романова, Е.В. Титова, М.Э. Мухитова, Д.С. Игнаткин, А.В. Станкевич // Мат-лы Всеросс. научно-практ. конф.: Современное развитие АПК: региональный опыт, проблемы, перспективы — 2005. — С. 266–270.

• REFERENCES

1. Ignatkin D.S. Kompleksnaya agrobiotekhnologiya uskorennoy utilizatsii drevesnogo opada s ispol'zovaniem kompostnyh lyumbricid / D.S. Ignatkin, SH.R. Zyalalov, I.S. Galushko, E.M. Romanova, V.S. Malanina // Nauchno-metodicheskij ehlektronnyj zhurnal Koncept. — 2016. — T. 26. — S. 331–335.
2. Muhitova M.EH. Optimizatsiya sostava substrata dlya povysheniya ehffektivnosti tverdogfaznoj biokonversii othodov zhivotnovodstva / M.EH. Muhitova, D.S. Ignatkin, T.G. Baeva // Mat-ly IV Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.: Molodezh' i nauka XXI veka — 2014. — S. 83–89.
3. Muhitova M.EH. Sravnitel'naya ocenka substratov iz organicheskikh othodov raznykh otraslej zhivotnovodstva po skorosti ih biotransformatsii v vermikompost pod dejstviem vermikul'tury *Eisenia foetida andrei* / M.EH. Muhitova, E.M. Romanova, Ignatkin D.S. // V sbornike statej: Agrarnaya nauka — sel'skomu hozyajstvu. — 2011. — S. 186–189.
4. Romanova E.M. Potencial vosproizvodstva lyumbricid v usloviyah ponizhennykh temperatur / E.M. Romanova, M.EH. Muhitova, D.S. Ignatkin // Mat-ly II-oj Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.: Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom eh tape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya. — 2010. — S. 136–139.
5. Galushko I.S. Rol' lichinok *Oryctes nasicornis* v pochvoobrazovatel'nom processe / I.S. Galushko, SH.R. Zyalalov, D.S. Ignatkin, E.M. Romanova // Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki. — 2016. — № 3(3). — S. 202–204.
6. Romanova E.M. Lyumbricidy srednevolzhskogo regiona v usloviyah vermikul'tury / E.M. Romanova, M.EH. Muhitova, D.S. Ignatkin // Mat-ly VI mezhdunar. nauchno-prakt. konf.: Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom eh tape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya. — 2015. — S. 24–26.
7. Lyubomirova V.N. Ocenka integral'noj toksichnosti pochv nesankcionirovannykh svalok tverdykh bytovykh othodov Ul'yanovskoy oblasti s ispol'zovaniem vermikul'tury *E. foetida* / V.N.Lyubomirova, E.M.Romanova, V.V.Romanov, D.S. Ignatkin // Nauchno-metodicheskij ehlektronnyj zhurnal Koncept. — 2015. — T. 13. — S. 3736–3740.
8. Romanova E.M. Povyshenie ehffektivnosti vermikul'tury *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) v usloviyah simbiotnogo soobshchestva / E.M. Romanova, D.S. Ignatkin, M.EH. Muhitova, K.O.Novikova, V.S. Malanina // Mat-ly III mezhdunar. nauchnoj internet-konf.: Biotekhnologiya. Vzglyad v budushchee. — 2014. — S. 83–87.
9. Romanova E.M. Sravnitel'noe issledovanie strukturiruyushchih sposobnostej kompostnykh chervей vidov *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) i *Eisenia hortensis* (Michaelsen, 1889) (*Oligochaeta, Lumbricidae*) / E.M. Romanova, D.S. Ignatkin, M.A. Viderker, M.EH. Muhitova, V.S. Malanina // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. — 2014. — № 2–1(21). — S. 57–58.
10. Romanova E.M. Sravnitel'naya ocenka reproduktivnykh harakteristik kompostnogo chervya *Eisenia fetida* (Savigny, 1926) lokal'nykh populyacij Ul'yanovskoy oblasti / Romanova E.M., Muhitova M.EH., Ignatkin D.S. // Mat-ly V mezhdunar. nauchno-prakt. konf.: Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom eh tape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya. — 2013. — S. 133–136.
11. Titova E.V. Izmenenie himicheskogo sostava prirodnykh substratov v processe biokonversii vermikul'tivirovaniem / E.V.Titova, M.EH. Muhitova // Mat-ly III Vseross. nauchno-prakt. konf.: Problemy ehkologii i ohrany prirody. Puti ih resheniya — 2006. — S. 155–158.
12. Romanova E.M. Osobennosti himicheskogo sostava biogumusa, producirovannogo predstavitel'yami semejstva *Lumbricidae* / E.M. Romanova, E.V. Titova, M.EH. Muhitova, D.S. Ignatkin, A.V. Stankevich // Mat-ly Vseross. nauchno-prakt. konf.: Sovremennoe razvitie APK: regional'nyj opyt, problemy, perspektivy — 2005. — S. 266–270.