

**А.В. КОЗЛОВ<sup>1</sup>, О.В. СЕЛИЦКАЯ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина (Мининский университет), Нижний Новгород, Российская Федерация*

<sup>2</sup>*Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация*

## **ЗНАЧЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОДДЕРЖАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

**Аннотация.** В статье представлен обзор отечественных исследований почв, касающихся выявления значимости микроорганизмов для индикации антропогенного воздействия на почвенную биоту, а также в поисках микробиотических критериев устойчивости биогеоценозов к данным воздействиям. По современным взглядам биогеохимические и биологические процессы в почвах являются системообразующими для местных биогеоценозов и экосистем в целом. Они определяют ряд важнейших экологических функций почвенного покрова, а также условия формирования полноценной и безопасной растительной биомассы. Организмы, населяющие почву, являются обязательным компонентом любой экосистемы. Вместе с тем негативные воздействия на почву, изменяя условия существования почвенных микроорганизмов, могут существенно нарушать нормальное протекание в почвах процессов микробной трансформации, а, следовательно, и процессов круговорота веществ в биосфере. Подчеркивается актуальность изучения техногенного давления антропогенеза различной интенсивности и длительности, проявляющегося в реакциях почвенно-биотического комплекса биогеоценозов.

**Ключевые слова:** микроорганизмы почвы, почвенно-биотический комплекс, антропогенное влияние, реакция микроорганизмов, устойчивость экосистем.

**A.V. KOZLOV<sup>1</sup>, O.V. SELICKAJA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Russian state agricultural university – Timiryazev Moscow agricultural academy, Moscow, Russian Federation*

## **VALUE OF MICROORGANISMS IN MAINTENANCE OF SOILS STABILITY TO INFLUENCE OF ANTHROPOGENESIS FACTORS**

**Abstract.** In the article review of domestic researches of the soils concerning to detection of the importance of microorganisms for indication of anthropogenesis impact on a soil biota and also in search of microbiotic criteria of resistance of biogeocenosis to these influences is presented in article. On modern views biogeochemical and biological processes in soils are backbone for local biogeocenosis and ecosystems in general. They define a number of the major ecological functions of a soil cover, and also a condition of formation of full-fledged and safe vegetable biomass. The organisms occupying the soil are an obligatory component of any ecosystem. Instead of with that, negative impacts on the soil, changing living conditions of soil microorganisms, can significantly break normal course in soils of processes of microbic transformation, and, therefore, and processes of circulation of substances in the biosphere. Relevance of studying of technogenic pressure of the anthropogenesis of various intensity and duration which is shown in reactions of a soil and biotic complex of biogeocenosis is emphasized.

**Keywords:** soil microorganisms, soil and biotic complex, anthropogenesis influence, reaction of microorganisms, stability of ecosystems.

На сегодняшний день в условиях возрастающих масштабов антропогенной нагрузки особую актуальность приобретают проблемы экологической безопасности компонентов

окружающей среды. При этом ряд авторов подчеркивает, что ее перспективным решением является придание или поддержание в экосистеме устойчивого и стабильного состояния через формирование и оптимизацию почвенной составляющей.

Подверженность компонентов экосистемы воздействию факторов, изменяющих ее устойчивость, а также сила и активность этих факторов, характеризуется предельно допустимой нагрузкой, то есть совокупностью внутреннего и внешнего воздействия, которая либо не меняет качество окружающей среды, либо меняет его в допустимых пределах. В частности, считается [2], что уровень техногенного загрязнения ландшафтов является допустимым, если не нарушаются газовые, концентрационные и окислительно-восстановительные функции живых организмов, регулирующих биохимическое самоочищение почвы, не изменяется биохимический состав первичной продукции, что могло бы вызвать нарушение жизненных функций организмов в пределах трофических цепей, а также не снижается биологическая продуктивность экосистем и сохраняется генофонд, необходимый для существования самой экосистемы.

Многими исследованиями [4, 15, 19, 26] показано, что в результате антропогенного воздействия изменяются свойства почвы, качество воздуха, запасы и качество воды, численность, видовое разнообразие, ареалы распространения растений, животных и микроорганизмов, генотип биоты и ее метаболическая активность. Для оценки современных и перспективных экологических систем, практических мер по управлению и эффективности реконструкции существующих, основополагающее значение имеет категория «устойчивости экосистем», для оценки которой выделяют воздействующие факторы – тип, интенсивность, длительность и количество воздействия на нее. Критерием оценки устойчивости экосистем является их упругость – переход из одной области устойчивости в другую при сохранении внутренних связей. А стабильность экосистем, в свою очередь, характеризуется их способностью возврата в прежнюю область устойчивого равновесия после временного воздействия [93].

По современным взглядам биогеохимические и биологические процессы в почвах являются системообразующими для местных биогеоценозов и экосистем в целом. Они определяют ряд важнейших экологических функций почвенного покрова, а также условия формирования полноценной и безопасной растительной биомассы. Организмы, населяющие почву, являются обязательным компонентом любой экосистемы. Они продуцируют различные по силе и направленности действия ферменты и иные метаболиты, выполняют многообразные функции в круговороте веществ, обеспечивая постоянное функционирование биосистем в целом, способствуя поддержанию и возрастанию почвенного плодородия и его стабильности [12, 13].

Негативные воздействия на почву, изменяя условия существования почвенных микроорганизмов, могут существенно нарушать нормальное протекание в почвах процессов микробной трансформации, а следовательно, и процессов круговорота веществ в биосфере. Эти нарушения в итоге зачастую влияют и на человека, изменяя экологические условия его обитания и процессы производства продуктов питания. Притом, что первичная биопродуктивность автотрофов является конечной фазой отклика практически любой экосистемы на имеющиеся возмущения, подчеркивается, что ей предшествуют, причем в наибольшей степени чувствительности, изменения микробиологических параметров почвы, таких как физиологическая и метаболическая активность микробного сообщества, сбалансированность биогеохимических циклов элементов и общий уровень плодородия.

Многочисленными исследованиями почв [1, 14, 17, 25, 27] установлена первоочередная значимость почвенной биоты в протекании самых разнообразных почвообразовательных процессов и, в итоге, формировании естественного плодородия почвы.

Так, главная роль почвенных микроорганизмов в корневом питании растений заключается в ее ферментативной и иной химической способности постепенно переводить

труднорастворимые и малодоступные формы элементов питания в соединения, способные усваиваться корневой системой сельскохозяйственных культур. Предшествуют этому сугубо микробиологические почвенные процессы аммонификации растительных и животных остатков, нитрификации промежуточных азотсодержащих продуктов, а также трансформация минеральной части почвы, органических и минеральных удобрений, и иных соединений почвенной системы.

С другой стороны, помимо прямого влияния микробиоценоза на условия питания фитоценоза, существует косвенное действие, которое заключается в микробной стабилизации кислотности почвенного раствора, трансформации корневых выделений вегетирующих растений, воздействии на обмен веществ последних физиологически активными метаболитами, а также в снижении или устранении негативного воздействия различных антропогенных веществ (пестицидов, радионуклидов, нефтепродуктов, тяжелых металлов и прочих) на состояние биогеоценозов [5, 6, 7, 16, 22, 23].

Кроме того, микроорганизмы почвы участвуют в разрушении и синтезе гумусовых веществ и формировании оптимальной почвенной структуры. В результате совокупной деятельности всех эколого-трофических групп микробного пула почвы формируется почвенный профиль, оптимизируется его водно-воздушный, физико-химический и питательный режимы, что необходимо для нормального произрастания автотрофов и, в целом, оптимального существования биогеоценоза.

Современный экологический подход в первичной оценке и мониторинга стабильности биоценозов техногенно нарушаемых участков, к сожалению, в меньшей степени учитывает факторы реакции микробиоценозов почв по сравнению показателями плодородия или с общей реакцией фитоценоза. Вместе с тем показано [3], что одним из наиболее чувствительных и динамичных критериев процесса почвообразования в меняющихся условиях среды является биологическое состояние почв, которое в значительной степени определяется микробиоценозической структурой, а также составом, динамикой и функциональной деятельностью зоомикробных комплексов.

Основой такого мнения является положение микроорганизмов в общей трофической структуре живой составляющей, их многообразии и относительной универсальности пищевой принадлежности в одной экологической нише. Так, по мнению авторов ряда публикаций [4, 7, 8, 10, 18], положительная роль почвообитающих организмов в поддержании экологической устойчивости любого биоценоза оценивается не только по способности к преобразованию собственно почвенного вещества и трансформации самых разнообразных чужеродных соединений-поллютантов (в том числе и токсического характера), но и по активности восстановления органо-минерального комплекса веществ, нарушаемого в результате негативного техногенного вмешательства в естественное сложение почвенной толщи.

Многими исследованиями [9, 11, 20, 27] показано, что одними из серьезных последствий таких нарушений являются изменение физико-химических свойств, интенсивности трансформации органических веществ, соединений азота, снижение видового разнообразия, нарушение функционирования зоомикробных комплексов, развитие токсичных и репеллентных для почвенных беспозвоночных животных видов микроорганизмов и нарушение трофических цепей. При вовлечении почв в антропогенное использование, ее естественное зоомикробное сообщество претерпевает количественные, структурно-функциональные изменения и перестройку состава доминантности, что может выражаться разнообразием эффектов в изменении экологически значимых показателей почвы. Поэтому считается, что из всех компонентов почвы зоомикробный биоценоз наиболее чувствителен к изменениям экологической обстановки, происходящим в ходе различного освоения и использования земель, а также и к иным факторам нарушения экологического равновесия в естественной экосистеме [21, 28].

Современные почвенно-экологические изыскания [24, 25] подчеркивают факт необходимости пополнения перечня показателей экологического мониторинга почв естественных экосистем, агроэкосистем и техногенно нарушаемых ландшафтов показателями биологического состояния почвы. В список обязательных критериев оценки состояния и устойчивости биоценоза к различным антропогенным воздействиям должны включаться такие его параметры, как численность и видовое разнообразие почвенной биоты, состояние почвы на основе структурно-функциональной организации микробиоценоза, определение биохимических показателей почвы и отслеживание динамики этих показателей во времени. Причем данные показатели принимают статус особой значимости при повышении техногенной нагрузки на почву. Например, для условий агропедогенеза показано, что при высокой степени интенсификации и специализации агротехнического воздействия для дальнейшего увеличения плодородия пашни и продуктивности агрофитоценоза требуется оптимизация условий для развития биотической составляющей общего техно- и агропедогенеза, которую и нужно учитывать. Здесь, прежде всего, указывается на биологическую активность почвы, тесно коррелирующую с балансом органического вещества.

В целях выявления микробиологических критериев индикации негативного воздействия и критериев устойчивости нарушаемых биогеоценозов многие авторы также активно рассматривают вопросы восстановления и рационального использования нефтезагрязненных земель [7, 23], выявляются особенности организации и эволюции регенерационных биогеоценозов техногенных ландшафтов при их загрязнении тяжелыми металлами [4, 5, 8, 29], изучаются агрохимические и микробиологические свойства механически нарушенных земель вследствие осуществления строительного-ремонтных работ на линейных сооружениях [6, 9, 30], предлагаются различные системы биологической рекультивации соответствующих техногенно нарушенных ландшафтов.

Показатели экологического состояния мезо- и микробиоты почвы естественно-антропогенного генезиса в настоящее время относятся к развивающемуся параметрам структурно-функциональной оценки нарушаемых почв, поскольку в теоретической экологии и микробиологии еще недостаточно точных данных о динамике численности, видового разнообразия и богатства почвообитающих животных и микроорганизмов, а также данных об изменении их биологической активности, по которым было бы возможно выстроить экологические модели трансформации почвенного вещества различных антропогенно преобразуемых биогеоценозов. Постепенное пополнение научной базы экологического мониторинга нарушаемых и восстанавливаемых земель, соединяющего в комплексе раскрытие фитоценотической, агрохимической, токсикологической, микробиологической и зоологической сторон настоящей проблемы, позволит в дальнейшем прогнозировать состояние и плодородный статус нарушенных ландшафтов.

Современные представления ведущих отечественных ученых [2, 9, 13, 14, 15, 20] указывают, что исследования почвенной микробиологии должны быть построены на изучении специфических и, особенно, химических и биохимических функций микроорганизмов, что позволит выстраивать трофическую и энергетическую систему взаимоотношений между различными составляющими микробного пула почвы. Сюда должны входить такие биологические свойства почвы, как численность и разнообразие почвообитающих организмов, численность представителей различных эколого-трофических групп, биохимическая и ферментативная активность выделяемых ими метаболитов, почвенное «дыхание», интенсивность биогенной минерализации различных компонентов органического вещества и окислительно-восстановительного преобразования минеральной части почвы. Именно они составляют наиболее информативную для оценки состояния биогеоценозов группу свойств почвенно-биотического комплекса.

© Козлов А.В., Селицкая О.В., 2015

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агрономическая микробиология / под ред. Г.С. Муромцева. – Л.: Издательство «Колос», 1976. – 231 с.
2. Агроэкология / под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. М.: Колос, 2000. 536 с.
3. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. – М.: Наука, 2003. – 223 с.
4. Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Демкина Т.С. Оценка устойчивости микробных комплексов почв к природным и антропогенным воздействиям // Почвоведение. 2002. № 5. С. 580-587.
5. Белоголова Г.А., Соколова М.Г., Пройдакова О.А. Влияние почвенных бактерий на поведение химических элементов в системе почва-растение // Агрохимия. 2011. № 9. С. 68-76.
6. Биомасса и дыхательная активность почвенных микроорганизмов в антропогенно-измененных экосистемах (Московская область) / К.В. Иващенко [и др.] // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1077-1088.
7. Войно Л.И., Павликова Т.А., Сидоренко О.Д. Устойчивость и изменение численности почвенных микроорганизмов при нефтезагрязнении почвы // Высокоэффективные технологии, методы и способы для их реализации. М.: Изд-во МГУП, 2003. С. 160-162.
8. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Ферментативная индикация загрязненных почв тяжелыми металлами // Агрохимия. 2006. № 11. С. 84-95.
9. Деградация и охрана почв / Под ред. Г.В. Добровольского. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 655 с.
10. Диагностика биологических свойств почвы при органической и традиционной системе земледелия / А.К. Ходжаева [и др.] // Агрохимия. 2010. № 5. С. 3-12.
11. Добровольская Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв. М.: ИКЦ «Академ-книга», 2002. 282 с.
12. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: Функционально-экологический подход. М.: МАИК «Наука, Интерпериодика», 2000. 185 с.
13. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. М.: Издательство Московского университета, 2012. 412 с.
14. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология. М.: Издательство Юрайт, 2012. 445 с.
15. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.
16. Изменение структуры микробных сообществ почв промышленного пригорода под влиянием комплексного антропогенного воздействия / О.В. Башкинова [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 3. – С. 58-64.
17. Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение. М.: КолосС, 2010. 687 с.
18. Матаруева, И.А. Микробиологические закономерности формирования гумусных запасов дерново-подзолистых почв. Кострома: КГСХА, 2005. 190 с.
19. Микробные сообщества и их функционирование в процессах деградации и самовосстановления почв / Д.Г. Звягинцев [и др.] // Деградация и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 401-454.
20. Муха В.Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). М.: КолосС, 2004. 271 с.
21. Оценка бактериального разнообразия почв: эволюция подходов и методов / Т.Г. Добровольская [и др.] // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1222-1232.
22. Семенов А.М., Семенов В.М., Ван Бругген А.Х.К. Диагностика здоровья и качества почвы // Агрохимия. 2011. № 12. С. 4-20.

23. Степанов А.Л., Цветнова О.Б., Паников С.Н. Изменение структуры микробного сообщества под влиянием нефтяного и радиоактивного загрязнения // Почвоведение. 2012. № 12. С. 1320-1324.
24. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190-198.
25. Экология микроорганизмов / Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Издательство Юрайт, 2015. 268 с.
26. An, Y.H. Mechanisms of bacterial adhesion and pathogenesis of implant and tissue infections / Y.H. An, R.B. Dickinson, R.J. Doyle // Handbook of bacterial adhesion: principles, methods, and applications. – 2000. – № 2. – P. 1-27.
27. Historical development of key concepts in pedology / Bockheim J.G., Gennadiyev A.N., Hammer R.D., Tandarich J.P. // Geoderma. – 2005. – № 124. – P. 23-36.
28. Kirchmann, H. Challenging targets for future agriculture / H. Kirchmann, G. Thorvaldsson // European Journal of Agronomy. – 2000. – № 12. – P. 145-161.
29. Puskas I. Diagnostic indicators for characterizing urban soils of Szeged, Hungary / I. Puskas, A. Farsang // Geoderma – 2009. – № 148. – P. 267-281.
30. Vrscaj B. A. Method for soil environmental quality evaluation for management and planning in urban areas / B. Vrscaj, L. Poggio, F.A. Marsan // Landscape and Urban Planning. – 2008. – № 88. – pp. 81-94.

## REFERENCES

1. Muromtsev G.S., eds. *Agronomicheskaya mikrobiologiya* [Agronomical microbiology]. L., Kolos Publ., 1976. 231 p. (In Russian)
2. Chernikov V.A., Chekeres A.I. *Agroekologiya* [Agroecology]. Moscow, Kolos Publ., 2000. 536 p. (In Russian)
3. Ananyeva N.D. *Mikrobiologicheskie aspekty samoochishcheniya i ustoychivosti pochv* [Microbiological aspects of self-cleaning and stability of soils]. Moscow, Nauka Publ., 2003. 223 p. (In Russian)
4. Ananyeva N.D., Blagodatskaya E.V., Demkina T.S. *Otsenka ustoychivosti mikrobnnykh kompleksov pochv k prirodnyim i antropogennym vozdeystviyam* [Estimates of resistance of microbic complexes of soils to natural and anthropogenesis influences]. *Pochvovedenie*, 2002, no. 5, pp. 580-587. (In Russian)
5. Belogolova G.A., Sokolov M.G., Proydakov O.A. *Vliyanie pochvennykh bakteriy na povedenie khimicheskikh elementov v sisteme pochva-rastenie* [Influence of soil bacteria on behavior of chemical elements in system the soil plant]. *Agrokimiya*, 2011, no. 9, pp. 68-76. (In Russian)
6. Ivashchenko K.V. *Biomassa i dyhatel'naja aktivnost' pochvennykh mikroorganizmov v antropogенно-izmenennykh jekosistemah (Moskovskaja oblast')* [Biomass and respiratory activity of soil microorganisms in the anthropogenesis changed ecosystems (Moscow region)]. *Pochvovedenie*, 2014, no. 9, pp. 1077-1088. (In Russian)
7. Woino L.I., Voyno L.I., Pavlikov T.A., Sidorenko O.D. *Ustoychivost' i izmenenie chislennosti pochvennykh mikroorganizmov pri neftezagryaznenii pochvy* [Resistance and change of number of soil microorganisms at petropollution of soil]. *Vysokoeffektivnye tekhnologii, metody i sposoby dlya ikh realizatsii*, Moscow, MGUP, 2003, pp. 160-162. (In Russian)
8. Galiulin R.V., Galiulina R.A. *Fermentativnaja indikacija zagryaznennykh pochv tjazhelymi metallami* [Enzymatic indication of the polluted soils heavy metals]. *Agrokimiya*, 2006, no. 11, pp. 84-95. (In Russian)
9. Dobrovolsky G.V., eds. *Degradatsiya i okhrana pochv* [Degradation and protection of soils]. Moscow, Mosk. university, 2002. 655 p. (In Russian)
10. Hodzhayeva A.K. *Diagnostika biologicheskikh svoystv pochvy pri organicheskoy i traditsionnoy sisteme zemledeliya* [Diagnostics of biological properties of the soil at organic and traditional system of agriculture]. *Agrokimiya*, 2010, no. 5, pp. 3-12. (In Russian)

11. Dobrovolskaya T.G. *Struktura bakterial'nykh soobshchestv pochv* [Structure of bacterial communities of soils]. Moscow, IKTs «Akadem-kniga» Publ., 2002. 282 p. (In Russian)
12. Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. *Sokhranenie pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery: Funktsional'no-ekologicheskii podkhod* [Preservation of soils as irreplaceable component of the biosphere: Function-ecology approach]. Moscow, MAIK «Nauka, Interperiodika» Publ., 2000. 185 p. (In Russian)
13. Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. *Ekologiya pochv* [Ecology of soils]. Moscow, Moscow University, 2012. 412 p. (In Russian)
14. Emtsev V.T., Mishustin E.N. *Mikrobiologiya* [Microbiology]. Moscow, Yurayt Publ., 2012. 445 p. (In Russian)
15. Zvyagintsev D.G, Babyeva P., Zenova G.M. *Biologiya pochv* [Biology of soils]. Moscow, MSU, 2005. 445 p. (In Russian)
16. Bashkinova O.V. *Izmenenie struktury mikrobnnykh soobshchestv pochv promyshlennogo prigoroda pod vliyaniem kompleksnogo antropogennogo vozdeystviya* [Change of structure of microbic communities of soils of the industrial suburb under influence of complex anthropogenesis influence]. *Problemy agrokhimii i ekologii*, 2011, no. 3, pp. 58-64. (In Russian)
17. Kiryushin V.I. *Agronomicheskoe pochvovedenie* [Agronomical soil science]. Moscow, KolosS Publ., 2010. 687 p. (In Russian)
18. Mataruyeva I.A. *Mikrobiologicheskie zakonomernosti formirovaniya gumusnykh zasobov dernovo-podzolistykh pochv* [Microbiological regularities of formation of humus stocks of cespitose and podsolic soils]. Kostroma, KGSHA, 2005. 190 p. (In Russian)
19. Zvyagintsev D.G. *Mikrobnye soobshchestva i ikh funktsionirovanie v protsessakh degradatsii i samovosstanovleniya pochv* [Microbic communities and their functioning in processes of degradation and autoreduction of soils]. Moscow, MSU, 2002. pp. 401-454. (In Russian)
20. Mucha, V.D. Natural and anthropogenesis evolution of soils (general regularities and zone features). Moscow, Colossus, 2004. – 271 p. (In Russian)
21. Dobrovolskaya T.G. *Otsenka bakterial'nogo raznoobraziya pochv: evolyutsiya podkhodov i metodov* [Assessment of a bacterial variety of soils: evolution of approaches and methods]. *Pochvovedenie*, 2009, no. 10, pp. 1222-1232. (In Russian)
22. Semenov A.M., Semenov V.M., A.H.K. Van B. *Diagnostika zdorov'ya i kachestva pochvy* [Diagnostics of health and quality of soil]. *Agrokhimiya*, 2011, no. 12, pp. 4-20. (In Russian)
23. Stepanov A.L., Tsvetnova O.B., Panikov S.N. *Izmenenie struktury mikrobnogo soobshchestva pod vliyaniem neftyanogo i radioaktivnogo zagryazneniya* [Change of structure of microbic community under the influence of oil and radioactive pollution]. *Pochvovedenie*, 2012, no. 12. pp. 1320-1324. (In Russian)
24. Terekhova V.A. *Biotestirovanie pochv: podkhody i problemy* [Biotesting of soils: approaches and problems]. *Pochvovedenie*, 2011, no. 2, pp. 190-198. (In Russian)
25. Netrusov A.I. *Ekologiya mikroorganizmov* [Ecology of microorganisms]. Moscow, Yurayt Publ., 2015. 268 p. (In Russian)
26. An, Y.H. Mechanisms of bacterial adhesion and pathogenesis of implant and tissue infections / Y.H. An, R.B. Dickinson, R.J. Doyle. Handbook of bacterial adhesion: principles, methods, and applications, 2000, no.2, pp. 1-27.
27. Historical development of key concepts in pedology / Bockheim J.G., Gennadiyev A.N., Hammer R.D., Tandarich J.P. *Geoderma*, 2005, no. 124, pp. 23-36.
28. Kirchmann, H. Challenging targets for future agriculture / H. Kirchmann, G. Thorvaldsson // *European Journal of Agronomy*, 2000, no. 12, pp. 145-161.
29. Puskas, I. Diagnostic indicators for characterizing urban soils of Szeged, Hungary / I. Puskas, A. Farsang. *Geoderma*, 2009, no. 148, pp. 267-281.
30. Vrscaj, B. A. Method for soil environmental quality evaluation for management and planning in urban areas. B. Vrscaj, L. Poggio, F.A. Marsan. *Landscape and Urban Planning*, 2008, no. 88, pp. 81-94.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

*Козлов Андрей Владимирович* – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологического образования и рационального природопользования, Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина (Мининский университет), Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: [a\\_v\\_kozlov@mail.ru](mailto:a_v_kozlov@mail.ru)

*Селицкая Ольга Валентиновна* – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой микробиологии и иммунологии, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, e-mail: [selitskayaolga@gmail.com](mailto:selitskayaolga@gmail.com)

#### **INFORMATION ABOUT AUTHORS**

*Kozlov Andrew Vladimirovich* – PhD in Biology, Associate Professor of the Department of ecological education and rational environmental management, Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: [a\\_v\\_kozlov@mail.ru](mailto:a_v_kozlov@mail.ru)

*Selickaja Olga Valentinovna* – PhD in Biology, Head of the Department of microbiology and immunology, Russian state agricultural university – Timiryazev Moscow agricultural academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: [selitskayaolga@gmail.com](mailto:selitskayaolga@gmail.com)