

УДК 631. 143. 517. 6

**БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ДАЛЬНОМ ВОСТОКЕ РОССИИ.
ПЕРСПЕКТИВЫ И РЕАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ****Голов В.И., Бурдуковский М.Л.***ФГБУН «Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения РАН»,
Владивосток, e-mail: golov@ibss.dvo.ru*

Статья посвящена обзору альтернативных конвенциональному (традиционному) методу ведения сельского хозяйства с применением интенсивной химизации – биологическим и биодинамическим методам повышения плодородия почв и увеличения урожаев возделываемых культур в условиях Дальнего Востока. Их преимуществам и недостаткам, а также перспективам и актуальности развития исследований в области биологического почвоведения. Акцентируется внимание на негативных факторах, возникающих в пахотных почвах при длительной их химизации. Приведены краткие результаты успешного использования активных штаммов клубеньковых бактерий для сои, выделенных из аборигенной микрофлоры. Впервые получены данные, свидетельствующие об увеличении урожайности, содержания гумуса и количества элементов питания в почвах при внедрении биологических севооборотов с посевами многолетних трав.

Ключевые слова: биологическое земледелие, симбиотическая и ассоциативная азотофиксация, автотрофные и гетеротрофные нитрификаторы

**BIOLOGICAL METHODS USED IN AGRICULTURE IN THE RUSSIAN FAR EAST.
PERSPECTIVES AND REALITIES****Golov V.I., Burdukovskiy M.L.***Institute of biology & soil science, Far East Branch, Vladivostok, e-mail: golov@ibss.dvo.ru*

The article reviews the alternative and conventional methods used in agriculture with intensive chemization application – biological and biodynamic methods for enlargement soil fertility and harvest of the cultures cultivated in the conditions of the Russian Far East. Their advantages, defects, perspectives and actual development of research in the area of biological soil science have been shown. A special attention is accented on the negative factors appearing in the arable soils when applying chemical fertilizers for a long time. The brief results of the successful use of active strains of soybean root-nodule bacteria isolated from the indigenous microflora are given. Firstly data has been obtained showing an increase in yield, humus content and the amount of nutrients in the soils when biological crop rotations with perennial grasses have been implemented.

Keywords: biological agriculture, symbiotic and associative nitrogen fixation, autotrophic and heterotrophic nitrifying

Почвенные исследования до недавнего времени были сфокусированы на генезисе и географии почв, их составе и факторах влияния на них. В основном велись исследования по минералогии почв, их химическим и физическим свойствам. В ближайшее время, очевидно, придется чаще сталкиваться с такими отраслевыми науками как биология (прежде всего микробиология), гидрология и экология.

В последние годы глобальные проблемы человечества, особенно экологические и продовольственные, оказались в центре внимания мировой общественности. Поэтому ученые в области почвоведения, агрохимии, земледелия и других отраслей науки, имеющих непосредственное отношение к сельскому хозяйству, столкнулись с задачами увеличения производства продуктов растениеводства и животноводства при росте численности населения и уменьшении площадей сельскохозяйственных угодий, а также ресурсов пресной воды. Ранее решение этих проблем в основном осуществлялось с помощью приемов и стратегий конвенционального или интенсивного земледелия, важнейшим компонентом кото-

рой был рост применения минеральных удобрений, прежде всего N, P и K, а также пестицидов в сочетании с генетически улучшенными и адаптированными сортами и гибридами возделываемых культур.

Применение агрохимикатов во многих странах в настоящее время подвергается усиленной критике из-за их больших потерь при внесении, постоянных передозировок (внесение в запас) и низкой усвояемости возделываемыми культурами (от 30 до 50%). Еще сто лет назад немецким ученым Рудольфом Шнайдером, основателем биолого-динамического земледелия, было высказано опасение, что излишнее увлечение минеральными удобрениями приведет не только к локальному загрязнению почв, но и к глобальному потеплению климата, разрушению озонового слоя и к эвтрофикации поверхностных и грунтовых вод [17]. В настоящее время многие его предсказания оказались пророческими. Площади пахотных угодий непригодных или мало-пригодных для получения рентабельной продукции с наступлением XXI века стали резко увеличиваться и, как следствие, изыматься из обращения повсеместно. В Рос-

сии из-за экономического кризиса это началось несколько раньше (с 1990 года). Так по состоянию на 2003 год в РФ имелось 197,6 млн га с.-х. земель, в том числе 120,9 млн га пашни. По данным Росгипрозема, 63% с.-х. угодий подвержены процессам эрозии, из них 28% сильно эродированы, 22% засолены, 14% переувлажнены и заболочены, около 3% загрязнены радионуклидами, а 50 млн га подвержены опустыниванию или опасны в этом отношении [16]. Таким образом, по выводу из оборота сельскохозяйственных и прежде всего пахотных земель к 2003 году, по данным FAO Россия твердо удерживает первое место в мире (55 млн га), на втором месте Австралия (40,8 млн га), на третьем США (35,7 млн га) [8].

Несмотря на то, что последователей биологического земледелия среди фермеров в мире немного (около 1,5%) и производство не очень рентабельно, следствием чего является повышенная стоимость производимой ими продукции, популярность ее растет. Подъем наблюдается и в научных исследованиях в области биологического земледелия, судя по числу публикаций на эту тему, как в России, так и за рубежом, особенно в области почвенной микробиологии. В некоторой степени этому способствовали применение новых для этой области знаний методов секвенирования и геномной инженерии, способствующих идентификации и более строгой классификации почвенной микрофлоры. Так с помощью молекулярного анализа почвенной микрофлоры, играющей важную роль в биосфере, микробиологами университетов США, Германии и Великобритании обнаружено в поверхностном слое Земли нескольких миллионов видов микроорганизмов, еще не известных науке. Направлениями этих исследований являлось выявление биоразнообразия микроорганизмов в отдельных горизонтах почвы, источники их питания и влияние почвенной микрофлоры на окружающую среду. Сделан вывод о том, что к настоящему времени микробиологическим исследованиям подвержен только тонкий поверхностный слой Земли, тогда как подавляющая масса микроорганизмов находится в глубине нашей планеты [18].

Не так давно было обнаружено, что с помощью корневых выделений возделываемые культуры могут влиять и даже формировать необходимую ей ризосферную микрофлору. Общеизвестна способность бобовых культур питаться атмосферным азотом с помощью клубеньковых бактерий. Однако большинство культурных рас-

тений таковой способностью не обладают. К примеру, злаковые культуры пользуются услугами свободноживущей в ризосфере микрофлорой. Причем объем этого биологического азота может достигать тех количеств, которые необходимы для выращивания полноценного урожая, и в основном за счет атмосферного азота. Эти возможности свободноживущей (в основном беспоровой микрофлоры) до недавнего времени явно недооценивались. Последними работами отечественных и зарубежных ученых было установлено, что увеличение размеров азотфиксации возможно на основе создания особых сортов небобовых культур, способных существенно ускорить, этот процесс, например, за счет специально подобранных аборигенных популяций азотфиксирующих микроорганизмов. Было обнаружено, что некоторые генотипы ячменя различались по способности такого рода азотфиксации в 108 раз, а тритикале (гибрид пшеницы и ржи) – в 96 раз. Причем, эти различия можно поддерживать в процессе семеноводства, т.е. закреплять в наследуемых признаках [15].

Нашими дальневосточными микробиологами в последние годы во главе с академиком РАСХН В.А. Тильбой [10] были изучены природные популяции ризобий сои в районах произрастания дикорастущего и культурного вида на юге Дальнего Востока. Были выделены высокоактивные штаммы клубеньковых бактерий из дикорастущей сои, превосходящие культурные аналоги по вирулентности, активности и энергии роста в несколько раз. Это позволило увеличить в отдельных случаях долю симбиотического азота в урожае сои до 90% и получить прибавки урожая зерна сои от 2 ц (в Амурской области) до 18 ц/га (в Крыму и Казахстане). Особенно высокая эффективность выделенных штаммов ризобий (ББ-49 и др.) в районах, где их природная популяция отсутствует, т.е. там, где соя недавно вошла в культуру, или иначе говоря, интродуцирована. В созданной этими учеными уникальной коллекции клубеньковых бактерий сои, насчитывающей более 1000 единиц хранения, есть штаммы, обладающие весьма ценными свойствами. Например, устойчивые к гербицидам, высокой кислотности почв, повышенной концентрации молибдена. Последний пример требует пояснений. Помимо генетических особенностей успешной фиксации азота для микроорганизмов, как и для растений, требуются оптимальные условия для их роста и развития, из которых наиболее важными являются вода и элементы питания. Так в опытах

В.С. Бжеумыхова [1] наиболее мощным фактором усиления симбиотической азотфиксации на фоне инокуляции семян люцерны активными штаммами ризобиума, явилось орошение и оптимальное питание. Без орошения инокуляция увеличила симбиотическую N-фиксацию в среднем на 52 кг/га, при орошении без внесения P, B, Mo на 77 кг/га, а при поливах и при внесении P, B, Mo на 93 кг/га. Это свидетельствует о том, что орошение посевов должно сопровождаться улучшением минерального питания, особенно теми элементами, которые принимают непосредственное участие в процессе фиксации азота.

В полевых опытах, проведенными нами в разное время на почвах Амурской области, практически всегда наблюдалась высокая отзывчивость сои на внесение молибдена, который принимает активное участие в процессе азотфиксации, входя в состав ключевых ферментов – нитратредуктазы и нитрогеназы. Хорошие результаты показывали и бактериальные удобрения (нитрагин и др.), содержащие активные штаммы клубеньковых бактерий. Однако их совместное применение методом обработки семян перед посевом, рекомендованное еще в 1962 году В.Т. Куркаевым [7], не всегда приводило к ожидаемому кумулятивному эффекту. Последующими опытами микробиологов выяснилось, что применение растворов солей Mo рекомендованными концентрациями (1,25 и 2,5%) вызывает резкое снижение титра живых клеток, а иногда и полную их гибель. Применение молибдена методом предварительного накопления в семенах с последующей инокуляцией нитрагином, разработанный и предложенный нами, снял эту проблему, но в практике не привился из-за более сложной технологии внесения [3]. И все же со временем дальневосточные микробиологи выделили штаммы клубеньковых бактерий (ГД-56 и БД-3) из диких популяций сои, которые оказались устойчивы к применяемым концентрациям молибденовых удобрений [11].

До недавнего времени считалось, что фиксировать атмосферный азот может только небольшая группа микроорганизмов (*Azotobacter*, *Clostridium*, *Rhizobium*). В последние годы согласно исследованиям, проведенным как у нас в стране, так и за рубежом, обнаружилось, что таковой способностью обладают представители практически всех физиологических и таксономических групп прокариот: хемолитотрофов, фототрофов и гетеротрофов, аэробов и анаэробов, грамположительных и грамотрицательных [14]. И это свойство

(способность фиксировать атмосферный азот) было включено в перечень принципиальных диагностических признаков, наравне с отсутствием клеточного ядра, отличающих прокариот от царства эукариот. С этого момента эукариоты (грибы, водоросли, высшие растения и животные) были окончательно исключены из числа азотофиксаторов [4]. Не имея способности к азотфиксации, эукариоты в процессе эволюции выработали способность к образованию сообщества с бактериями-дiazотрофами. Такие системы весьма разнообразны по составу как микроорганизмов-дiazотрофов так и растений. Однако они обладают одним общим и весьма ценным для практики свойством – тесным сопряженным взаимодействием биогеохимических циклов азота и углерода. Это достигается интеграцией и синхронизацией азотного и углеродного метаболизма бактерий с одной стороны и растений или животных с другой, чего практически невозможно достичь искусственным внесением минеральных удобрений.

Максимальная продуктивность азотфиксации отмечена у бобовых растений в симбиозе с клубеньковыми бактериями, которые производят 25–35% мирового объема пищевого и кормового белка. На площади, которую они занимают (250 млн га пашни) масса фиксированного ими азота составляет 90 млн т в год, а для того чтобы произвести такое же количество минеральных азотных удобрений, необходимо затратить 288 млн т топлива стоимостью около 30 млрд долларов [2]. Ориентировочно такой же продуктивностью обладают произрастающие в лесах азотфиксирующие небобовые растения (ольха, лох, облепиха, малина и др.), существующие в симбиозе с актиномицетами рода *Frankia*, однако их роль в азотном балансе биосферы, к сожалению, изучена намного слабее, чем культурных растений. Давно известны и довольно широко используются в тропиках для рисосеяния симбиоз цианобактерий *Anabaene* с водным папоротником *Azolla*, который используется как сидерат, обогащенный азотом.

И все же, несмотря на высокую эффективность симбиотической азотфиксации, ее роль в общепланетарном балансе азота невелика из-за ограниченности распространения таких систем. К примеру, доля бобовых культур не превышает 10% от мирового пахотного фонда, а в естественных фитоценозах они появляются лишь на первых этапах растительных сукцессий после вырубок или пожаров. Согласно многочисленным оценкам, азот в природе

в основном связывается так называемой ассоциативной азотфиксацией в бактериально-растительных системах, не образующих клубеньков. Именно этот способ фиксации азота поддерживает естественный планетарный круговорот данного элемента. Так, например, в умеренных широтах таким способом фиксируется в среднем около 40 кг/га молекулярного азота, а ближе к экватору до 100 кг/га [13].

Впервые азотфиксацию в мире животных обнаружили у термитов, саранчевых, тлей и тараканов, а из позвоночных – у полёвок, песчанок и других. Причем в первую очередь у тех животных, в питании которых преобладала углеводная пища (целлюлоза, крахмал, гемицеллюлоза), т.е. небелковые продукты, содержащие мало азота. Вполне вероятно, что в будущем будут найдены новые экологические ниши с более высоким уровнем микробной азотфиксации [5].

Несколько слов о почвенной нитрификации, что очень важно для понимания биогеохимического круговорота азота в биосфере. В природе, и в первую очередь в почвах, она осуществляется двумя принципиально разными группами микроорганизмов. В первую входят однородные, специализированные на определенных субстратах аэробные автотрофные бактерии-нитрификаторы (*Nitrosomonas*). Они встречаются повсеместно в почвах, в пресных и соленых водоемах, в месторождениях полезных ископаемых и даже на каменных и железобетонных сооружениях и объединены в 10 родов. Основная физиологическая особенность автотрофных нитрификаторов – необычайно высокая требовательность к условиям внешней среды: температура 25–30°, рН = 7,5–8,0, аэробная среда, т.е. наличие молекулярного кислорода и отсутствие органического вещества. Поэтому во внешней среде они очень уязвимы, т.к. мало выживают при отсутствии тепла, кислорода, а также в кислых, щелочных и высокогумусированных почвах. Однако природа не может обходиться без нитрификации с таким набором «капризных» микроорганизмов. Во внешней среде широко распространены гетеротрофные нитрификаторы из родов *Bacillus*, *Streptomyces* и многих других. Эта способность обнаружена и у микроскопических грибов – *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* и других. При гетеротрофной нитрификации окисление аммиака и других восстановленных соединений азота в нитраты происходит только при наличии органики и не служит источником энергии для организма, ее осуществляющего, чем они прин-

ципально отличаются от автотрофных нитрификаторов. Хотя активность гетеротрофной нитрифицирующей микрофлоры по образованию нитратов значительно ниже (в 10–1000 раз), чем автотрофных, численность их в природе существенно выше. Причем, в отличие от автотрофов они не столь капризны и привередливы к условиям существования, поэтому их нитрифицирующая продуктивность бывает более весомой в общем балансе азота на планете [4].

До недавнего времени считалось, что основным нитрифицирующим продуцентом в биосфере являются автотрофные микроорганизмы, а деятельность гетеротрофов не принималась в расчет. В последние годы благодаря ингибиторному анализу с применением таких ингибиторов, как нитрапирина N-serve, аминаотриазола и др., впервые смогли оценить степень участия гетеротрофов в цикле биосферного азота. Особенно высока их активность в естественных почвах и постепенно уменьшается по мере нарастания антропогенного фактора. Так, например, в естественных дерново-подзолистых почвах гетеротрофы продуцируют до 95 % нитратов, а в серых лесных до 40 %. В пахотных аналогах этих же типов почв их участие в нитрификации снижается до 1–16 %, но зато увеличивается количество автотрофов, т.к. повышается комфортность их жизнедеятельности благодаря лучшей аэрации, создаваемой периодической обработкой почв. В значительной мере благоприятствует их жизнедеятельности снижение количества органического вещества и кислотности [6].

Бытует мнение, что нитраты, как хорошо растворимые вещества, легко мигрируют с поверхностными и внутрипочвенными водами в океан. Однако, исследования последних лет опровергают это расхожее утверждение. Дело в том, что денитрификация, которая считается последним звеном глобального цикла азота в биосфере, восстанавливает окисленные формы азота (NO_2 , NO_3) до газообразных окислов (N_2O и N_2). Нитраты восстанавливаются поэтапно, каждый из которых контролируется ферментами, содержащими Mo. Лишь последний этап превращения закиси азота (N_2O) в молекулярный азот (N_2) регулируется ферментом рустицианином, содержащим 4 атома Cu. Этот фермент имеет однотипное строение у самых разных видов бактерий-денитрификаторов, и в то же время он является наиболее чувствительным к изменению среды, точнее ее деградации. Его ингибируют такие вещества

как цианид, ацетилен, азид и другие продукты жизнедеятельности биоты. Видимо, поэтому денитрификация заканчивается на стадии образования закиси азота, который участвует в «парниковом эффекте» и разрушает озоновый слой. Этот процесс усиливается в кислых обесструктуренных, засоленных и загрязненных ТМ почвах [9]. Интенсивная химизация и широкое распространение химических средств защиты растений также усугубляет этот процесс. Таким образом, наблюдаемое нарушение биогеохимических циклов химических элементов и, в первую очередь, азота, увеличение количества закиси азота в атмосфере объясняется общей деградацией почв, скорость которой за последние 50 лет возросла в 30 раз. Поэтому нам необходимо пристальной прismatic посмотреть и ближе познакомиться с природными регуляторами круговорота жизненно важных для биоты химических элементов.

Обнадеживающие результаты получены во ВНИИ сои после прохождения третьей ротации травопольного севооборота (8 полей, в т.ч. 2 поля травы-кострец+люцерна). В этом севообороте применение минеральных удобрений было сведено до минимума. Вместо навоза применяли сапрпель и солому, а также гуминовые препараты. Соя была инокулирована активными штаммами клубеньковых бактерий, выделенных из аборигенных диких форм сои. По сравнению с традиционными минеральными севооборотами увеличился урожай сои и пшеницы, повысилось содержание гумуса на 0,11 %, снизилась кислотность, улучшились физические и химические свойства почв [12].

Список литературы

1. Бжеумыхов В.С. Формирование и активность симбиотического аппарата люцерны в зависимости от орошения, внесения макро- и микроудобрений на обыкновенном черноземе // Агрехимические проблемы биологической интенсификации земледелия: сборник докл. Междунар. научно-практич. конф. (Владимир, 5–7 июля 2005 г.). – Владимир, 2005. – С. 267–271.
2. Вэнс К. Симбиотическая азотфиксация у бобовых: сельскохозяйственные аспекты. // Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями. – СПб., 2002. – С. 541–563.
3. Голов В.И., Казачков Ю.Н. Поступление молибдена в растения сои и его последствие при внесении молибденовых удобрений на почвах Дальнего Востока // Агрехимия. – 1973. – № 10. – С. 103–109.
4. Добровольский Г.В., Умаров М.М. Почва, микробы и азот в биосфере // Природа. – 2004. – № 6. – С. 15–22.
5. Кузнецова Т.А., Костина Н.В., Наумова Е.И., Умаров М.М. Микробная азотфиксация в пищеварительном тракте песчанок Калмыкии // Известия РАН. Серия биологическая. – 2010. – № 5. – С. 560–563.
6. Кураков А.В. Грибы в круговороте азота в почвах. Автореф. дис. д-ра биол. наук. – М., 2003. – 42 с.
7. Куркаев В.Т. Результаты изучения нитрагина на местных штаммах под сою // Научные труды Амурской с.х. опытной станции. – 1965. – Т. 1. – С. 119–122.
8. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: Изд. ГЕОС, 2010. – 416 с.
9. Степанов А.Л. Микробная трансформация закиси азота в почвах. Автореф. дис. д-ра биол. наук. – М., 2000. – 40 с.
10. Тильба В.А., Бегун С.А. Совместное применение молибдена и нитрагина для предпосевной обработки семян сои // Увеличение производства сои на основе совершенствования условий питания: научно-технический бюллетень. – 1987. – Вып. 31. – С. 33–42.
11. Тильба В.А., Бегун С.А., Якименко М.В. Изучение природных популяций клубеньковых бактерий сои Российского Дальнего Востока // Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока: сборник науч. труд. конф. посвящ. 45-летию ВНИИ сои. – Благовещенск, 2013. – Т. 2. – С. 13–17.
12. Тильба В.А., Волох И.П., Коротенко Б.А., Абросимова Т.Е. Влияние основной обработки почвы, удобрений и биологических комплексов на продуктивность сои // Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока: сборник науч. труд. конф., посвящ. 45-летию ВНИИ сои. – Благовещенск, 2013. – Т. 2. – С. 7–13.
13. Умаров М.М. Ассоциативная азотфиксация. – М.: Изд. МГУ, 1986. – 136 с.
14. Умаров М.М. Современное состояние и перспективы исследования микробной азотфиксации // Перспективы развития почвенной биологии: труды Всерос. конф. – Москва, 2001. – С. 47–56.
15. Черемисов Б.М. Концепция быстрого перехода мирового земледелия на биологическую фиксацию азота атмосферы // Аграрная наука. – 2000. – № 9. – С. 10–11.
16. Шафронов А.Д. Факторы эффективности землепользования // Земледелие. – 2003. – № 2. – С. 3–5.
17. Koster Werner. Durgung. Notwendige Kulturmaßnahme oder Umweltbelastung? // Geograf. Rdsch. – V. 42. – № 3. – P. 159–163.
18. Philipon Patrick. Des inconnus sous nos pieds // Biofuturologia. – 1999. – № 185. – P. 14–15.

References

1. Bzheumihov V.S. Trudy Mezhdunarodnoy Nauchno Prakticheskoy Konferencii «agrohimicheskie problem biologicheskoi intensifikacii zemledeliya» (Proc. Int. Conf. Agrochemical problems of biological intensification of agriculture). Vladimir. 2005, pp. 267–271.
2. Vance C. Simbioticheskaya azotfiksaciya u bobovih selkhozaystvennie aspekti (Symbiotic nitrogen fixation in legumes: agricultural aspects). SPb. 2002, pp. 541–563.
3. Golov V.I., Kazachkov Y.N. Postuplenie molibdena v rasteniya soi i ego posledstviya pri vnesenii molibdenovih udobrenii na pochvah dalnego vostoka – Agrochemistry, 1973, no.10, pp. 103–109.
4. Dobrovolskiy G.V., Umarov M.M. Pochva mikrobi i azot v biosfere – Priroda, 2004, no.6, pp. 15–22.
5. Kuznecova T.A., Kostina N.V., Naumova E.I., Umarov M.M. Mikrobная azotfiksaciya v pishavaritelnom trakte peschanok Kalmikii – Biology bulletin of the Russian Academy of Sciences, 2010, no.5, pp. 560–563.
6. Kurakov A.V. Gribi v krugovorote azota v pochvah – Auth. Abst. of Ph.D. diss. Moscow. 2003. 42 p.
7. Kurkaev V.T. Rezultati izucheniya nitragina na mestnih shtamah pod soyu – Nauchniye trudi Amurskoi opitnoi stancii (Scien. proc. of Amurskoi Agricultural Experiment Station). Blagoveshensk. 1965, pp. 119–122.

8. Luri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. *Dinamika selskohozyaystvennih zemel Rossii v XX veke I postagrogennoe vosstanovlenie rastitelnosti I pochv* [Dynamics of agricultural lands of Russia in XX Century and postagrogenic restoration of vegetation and soils]. Moscow, Geos, 2010. 416 p.
9. Stepanov A.L. *Mikrobnaya transformaciy zakisi azota v pochvah* – Auth. Abst. of Ph.D. diss. Moscow. 2000. 40 p.
10. Tilba V.A., Begun S.A. *Sovmestnoe primeneniye molibdena I nitragina dlya predposevnoi obrabotki semyan soi* – Scientific and technical bulletin, 1987, Vyp. 31. no.31, pp. 33–42.
11. Tilba V.A., Begun S.A., Yakimenko M.V. *Izuchenie klubenkovich bakteriy soi Rossiyskogo dalnego vostoka* – Agrarnie problem nauchnogo obespecheniya Dalnego vostoka (Proc. Conf. Agrarian problems of scientific maintenance of the Russian Far East). Blagoveshensk, 2013, Vol. 2, pp. 13–17.
12. Tilba V.A., Voloh I.P., Korotenko B.A., Abrosimova T.E. *Vliyaniye osnovnoi obrabotki pochv iudobreniyi biologicheskikh kompleksov na produktivnost soi* – Agrarnie problem nauchnogo obespecheniya Dalnego vostoka (Proc. Conf. Agrarian problems of scientific maintenance of the Russian Far East). Blagoveshensk, 2013, Vol. 2, pp. 7–13.
13. Umarov M.M. *Assosiativnaya azotifikatsiya* [Associative nitrogen fixation]. Moscow, MGU Publ, 1986. 136 p.
14. Umarov M.M. *Sovremennoye sostoyaniye I perspektivi issledovaniya mikrobnoi azotifikatsii* – Perspektivi razvitiya pochvennoi biologii (Proc. Conf. Prospects for the development of soil biology). Moscow, 2001, pp. 47–56.
15. Cheremisov B.M. *Koncepciya bistrogo perehoda mirovogo zemledeliya na biologicheskuyu fiksatsiyu azota atmosfery* – Agricultural science, 2000, no.9, pp. 10–11.
16. Shafronov A.D. *Faktori effektivnosti zemlepolzovaniya* – Zemledelie, 2003, no.2, pp. 3–5.
17. Koster Werner. *Dungung. Notwendige Kulturmaßnahme oder Umweltbelastung?* // Geograf. Rdsch. V. 42. no 3. P. 159–163.
18. Philipon Patrick. *Des inconnus sous nos pieds* // Biofuturologia. 1999. no 185. P. 14–15.

Рецензенты:

Костенков Н.М., д.б.н., профессор, член-корр. РАН, заведующий сектором почвоведения и экологии почв, ФГБУН «Биолого-почвенный институт» ДВО РАН, г. Владивосток;

Егорова Л.Н., д.б.н., заведующая лабораторией низших растений, ФГБУН «Биолого-почвенный институт» ДВО РАН, г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 05.12.2014.