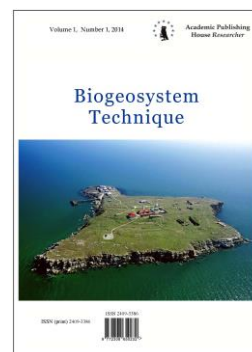


Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
Vol. 6, Is. 4, pp. 374-395, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.6.374  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



UDC 631.874:631.559

## The Green Manure as a Factor of Agriculture Biologization and Nature-Similar Agrotechnology

Vladimir G. Loshakov

Institute of Agricultural Chemistry named after D.N. Pryanishnikov, Russian Federation  
Dr of Sc (Agriculture), Professor, Chief Scientist employee  
E-mail: LVG36@yandex.ru

### Abstract

The article analyzes the development of the Russian and global agriculture disclosed agrolandscape environmental problems, the role of green plants in the development of biosphere, soil formation and the main indicator of fertility – humus. The dark side is shown of man-made technologies, which have caused world environmental problems. Theoretically and experimentally proved the need for further development of agriculture on the basis of biologizing nature-similar agricultural technologies, one of which is green manure.

Based on the own long-term original research, and the research results of many scientific institutions in our country and abroad, is proposed the promising technology using green manure in relation to the specific soil and climatic conditions. The high agro-technical, agro-ecological, energy-saving and cost-effectiveness is shown of the coupled fallow, intercropping, second crop's green manure combined with straw on a background of mineral fertilizers. Optimal synthesis of biological and man-made nature-similar reproduction of soil fertility enhances crop yields and production of ecologically clean agricultural products. This determines the biogeosystem value of green manuring in environmentally sound agriculture, makes it possible to overcome the contradiction between development of modern agro-ecosystems and biosphere, draw through agriculture in the Earth's biosphere the extra energy to create additional biological substance.

**Keywords:** biosphere, green manure, coupled fallow, intercropping, second crops, humus, environmentally sound agriculture.

### Посвящается 150-летию Петровской земледельческой и лесной академии – Тимирязевки

### Введение

Одну из своих публичных лекций из цикла “Земледелие и физиология растений”, прочитанную в 1905 году, К.А. Тимирязев иллюстрировал словами короля лилипутов из сказки Джонатана Свифта «Путешествия Гулливера»: “Тот, кто сумел бы вырастить два колоса там, где прежде рос один, две былинки травы, где росла одна, заслужил бы благодарность всего человечества, оказал бы услугу своей стране более, чем все отродие политиканов, взятое вместе” [1].

Далее Климент Аркадьевич убедительно показал, что эта мечта, выраженная в

замечательном литературном произведении, в российском практическом земледелии может быть реализована только в том случае, если оно будет опираться на достижения агрономической науки и научно-технического прогресса.

С той знаменательной лекции К.А. Тимирязева минуло 110 лет, в течение которых, несмотря на две мировые войны, частые засухи, наводнения, другие социальные и природные катаклизмы земледелие нашей планеты преобразилось до неузнаваемости, достигнув высот, которые и не снились сказочным мечтателям.

Как и предсказывал великий естествоиспытатель, это стало возможным благодаря научно-техническому прогрессу и широкому использованию в практике земледелия достижений научной агрономии, позволивших увеличить продуктивность земледелия многократно.

И на этом пути прогресса можно отметить знаменательные вехи, отмечающие поступательное движение человечества к спасению от грозящего ему голода.

### **1. Научно-технический прогресс и экологические проблемы земледелия**

Еще на заре развития научного земледелия переход от средневекового трехполья к плодосменной системе земледелия позволил западноевропейским странам в течение одного столетия (1780–1880 гг.) увеличить урожайность озимой пшеницы с 7 ц/га до 15 ц/га [2].

Следующей вехой стала разработка технологий производства промышленных удобрений и широкое применение в практике земледелия азотных, фосфорных, калийных и других минеральных удобрений. И в последующий уже полувековой период (1880–1930 гг.) применение минеральных удобрений на фоне плодосменной системы земледелия позволило повысить урожайность пшеницы в этих странах до 30 ц/га, то есть вдвое. А суммарное увеличение производительности земледелия за полтора столетия стало четырехкратным.

Очередной вехой на пути развития мирового земледелия стала «зеленая революция», которая, начиная с 50-х годов прошлого столетия, последовательно охватила все континенты мира. Она выразилась в том, что достижения биологических наук позволили совершить прорыв в селекции сельскохозяйственных культур и повысить биологический потенциал и продуктивность новых сортов зерновых, технических, кормовых и других культур в несколько раз.

Параллельно с этим развитие химической и других смежных наук в дополнение к минеральным удобрениям поставило на службу земледелия еще один важный фактор его химизации – химические средства защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, а также использование химических регуляторов роста растений.

Все это в сочетании с другими достижениями научно-технического прогресса позволило многим странам мира перейти в земледелии на интенсивные технологии и увеличить за послевоенные 70 лет производство зерна и другой растениеводческой продукции в 2–3 раза.

Потому, несмотря на то, что за это же время население планеты увеличилось с 2 млрд. до 7 млрд. человек, а площадь сельскохозяйственных угодий в расчете на 1 человека сократилась вдвое, глобального голода население нашей планеты не испытывает [3]. Хотя, по данным ФАО, в мире голодает около 300 млн. человек, и проблема продовольственной безопасности остается актуальной для многих стран [4].

Обеспечивая постоянно растущие потребности интенсивно развивающегося земледелия, мировой рынок минеральных удобрений за последние 50 лет увеличился практически в 5 раз, и его ежегодные объемы достигли более \$ 70 млрд. Ежегодное потребление минеральных удобрений в мировом земледелии в последние годы увеличилось до 190 млн. тонн в пересчете на содержание питательных веществ [8].

Как и во всем мире, в нашей стране накануне реформирования аграрно-промышленного комплекса (АПК) в конце 80-х гг. земледелие носило техногенный характер.

Во второй половине XX века при широкой химизации земледелия воспроизводство плодородия почвы в Российской Федерации осуществлялось, главным образом, за счет минеральных удобрений, применение которых за период с 1965 по 1990 год увеличилось с 20 кг до 88 кг питательных веществ на 1 га посевной площади [15].

В интегрированной системе защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, в оптимизации условий вегетации сельскохозяйственных растений большую роль играли пестициды, регуляторы роста и другие химические препараты, которыми до 1990 года обрабатывалась большая часть посевной площади страны [7, 9].

В этих условиях стали возможными специализация земледелия и применение интенсивных технологий возделывания основных видов сельскохозяйственных культур в рамках научно обоснованных зональных систем земледелия, которые были разработаны и внедрены в нашей стране в сельскохозяйственное производство в 1970–1980-х гг. прошлого столетия. Они сыграли положительную роль в развитии земледелия Советского Союза [3, 5].

Однако за достижения научно-технического прогресса в земледелии приходится платить экологическими потерями, как в глобальном масштабе, так и в масштабе нашей страны. Это высокая цена технологической активности, так как одновременно с интенсификацией и специализацией земледелия на техногенной основе в АПК развивались и негативные процессы – загрязнение почвы, грунтовых вод и водоемов остаточными веществами минеральных удобрений, пестицидов, тяжелыми металлами, метаболитами, продуктами разрушения почвы водной и ветровой эрозией [6, 12, 14].

Специализация земледелия породила угрозу массового засорения полей сорняками и поражения посевов сельскохозяйственных культур вредителями и болезнями [8]. Для предотвращения этой угрозы в 1990 году в Российской Федерации пестицидами было обработано 81 млн. га посевной площади.

Но несмотря на совершенствование мер защиты растений, повышение затрат на применение пестицидов, последние несколько десятилетий стоимость потерь от поражения растений вредными организмами остается практически неизменной и по-прежнему составляет около 30 % от стоимости растениеводческой продукции, производимой в мире. В то же время произошло усиление так называемой пестицидной нагрузки на поля, что еще больше усугубило ситуацию в сфере охраны окружающей среды [4, 7, 10].

В 90-е годы прошлого столетия в результате спада сельскохозяйственного производства применение пестицидов в нашей стране уменьшилась в несколько раз – уже к 1993 году площадь посевов, обработанных пестицидами, составила лишь 31 млн. га [9], в несколько раз снизилось применение минеральных удобрений – до 17 кг/га в 1995 году против 88 кг/га в 1990 году [15].

Но, несмотря на резкое падение уровня химизации земледелия, оно не стало от этого экологически более безопасным, и экологические проблемы стали серьезным препятствием на пути дальнейшего развития сельского хозяйства, создали реальные угрозы для среды обитания человека в нашей стране и за рубежом [3, 10, 11].

В Московской, Ленинградской и в других промышленных зонах Центра России, в бассейнах крупных рек европейской части нашей страны антропогенная нагрузка уже давно превысила установленные нормативы. Практически все поверхностные источники водоснабжения в этом регионе подвергаются загрязнению. Экологическое состояние бассейнов крупнейших рек – Волги, Оки, Москвы-реки и их притоков оценивается как «загрязненное» или «сильно загрязненное» [11, 13]. При этом дополнительная опасность исходит от самих нормативов контроля качества окружающей среды, поскольку они далеки от совершенства.

Крупнейшие водные артерии Западной Европы Рейн, Дунай, Темза, Одер, Эльба, Сена и другие уже десятки лет подвергаются избыточному загрязнению и превратились в сточные каналы для этого континента [8, 10]. И лишь в последнее время в Европе в результате активной позиции гражданского общества наметилась тенденция к преодолению загрязнения водных и наземных экосистем.

Тем не менее, тревога по поводу состояния окружающей среды остается актуальной, и она в значительной степени связана с производственной деятельностью АПК.

В нашей стране 125 млн. га сельскохозяйственных угодий, или 60 % их общей площади, находятся в районах проявления водной и ветровой эрозии. Из них 58 млн. га подвержено эрозии, в результате чего утрачена значительная часть самого плодородного – гумусового слоя почвы, и урожайность полей на таких почвах снижается на 30–70 %. Оврагами разрушено около 1,5 млн. га. [12].

Водная и ветровая эрозия не только уничтожает самую плодородную часть почвы и

приводит к большим потерям урожая. Она является прямым источником загрязнения окружающей среды, причиной нарушения экологического равновесия в агроландшафтах. Продукты эрозионного разрушения почвы – различные химические соединения – загрязняют реки, озера, луга и пастбища, отравляют грунтовые воды.

Например, только в Центральном экономическом районе в разной степени эродировано 2,5 млн. га или около 20 % площади пахотных земель, и годовой смыв почвы составляет 21,8 млн. тонн или 6 т/га, с которым с полей отчуждается 16,5 тыс. тонн азота, 13,6 тыс. тонн фосфора, 225,1 тыс. тонн калия и много других химических веществ [13].

Такая ситуация в АПК нашей страны связана прежде всего с экологической неграмотностью тех, кто работает на земле, с низкой культурой земледелия, когда игнорируются мероприятия по защите почвы от эрозии, а сельскохозяйственных растений – от вредителей, болезней и сорняков, не соблюдаются правила хранения и использования минеральных удобрений, пестицидов и других средств химизации в земледелии, нарушаются севообороты и технология обработки почвы.

Это является также результатом того, что со стороны государства ослаблен, а в ряде случаев утрачен контроль за соблюдением технологической дисциплины в АПК, за соблюдением законодательных актов о рациональном использовании земли и защите ее от эрозии.

## **2. Воспроизводство плодородия почвы – животрепещущая проблема современного земледелия России**

Сохранение почвы, воспроизводство ее плодородия является одной из ключевых проблем современного земледелия, от решения которой зависит дальнейшее развитие аграрно-промышленного комплекса, будущее сельского социума и продовольственная безопасность страны. Это особенно актуально в связи с тем, что за годы реформирования АПК в постсоветский период во многих регионах России наметилась тенденция к снижению почвенного плодородия [14, 15].

Низкий уровень плодородия почвы является причиной неустойчивости земледелия нашей страны, которое в случае неблагоприятных погодных условий (засуха, заморозки, избыточное увлажнение и т.п.) часто несет большие потери и недобирает десятки млн. т зерна и другой сельскохозяйственной продукции.

Государственная комплексная (1992–2000 гг.) и Федеральные целевые (2002–2005 и 2006–2012 гг.) программы повышения плодородия почв России были призваны не только предотвратить снижение плодородия почвы, но и, стабилизировав его, создать предпосылки для его расширенного воспроизводства и оздоровления экологической обстановки в агроландшафтах [14, 15]. Однако из-за недостаточного финансирования, из-за утраты сложившейся инфраструктуры агрохимического обслуживания АПК, по ряду других причин кризисного характера эти научно обоснованные программы и рекомендации не были выполнены, и земледелие страны из года в год остается при отрицательном балансе питательных веществ – в среднем минус 70 кг /га NPK в год [15].

Одновременно ежегодные потери гумуса в пахотном слое за последние годы в среднем по России составляют 0,52 т/га и по отдельным регионам изменяются от 0,25 до 0,72 т/га. В настоящее время в России 56 млн. га пашни (45 %) характеризуется низким содержанием гумуса, 28 млн. га (23 %) – дефицитом фосфора и 11,5 млн. га (9 %) – дефицитом калия [16].

Снижение плодородия почвы стало главной причиной не соответствия между потенциальной и фактической продуктивностью современных сортов сельскохозяйственных культур. Уровень фактической урожайности современных сортов в производственных условиях нашей страны, как правило, не превышает 30–40 % от заложенного селекционерами потенциала их урожайности [6].

Такое падение уровня плодородия почв связано с тем, что за годы реформирования АПК в земледелии России в несколько раз уменьшилось применение минеральных удобрений и сложился острый дефицит органических удобрений – их применение за это время снизилось в 4 раза и в среднем по стране опустилось до 0,9 т условного навоза на 1 га пашни [18].

Недостаток органических удобрений отрицательно сказывается не только на балансе гумуса и питательных веществ, но и негативно проявляется на жизни почвы, на ее биоте, на

биологической активности почвенной среды, в которой обитает сельскохозяйственное растение.

Органические удобрения и растительные остатки в почве являются источником энергии, которой наполнен гумус – основной показатель плодородия почвы [1, 14, 21].

Почва с ее плодородием является биокосным телом, занимающим особое место в биосфере нашей планеты. По В.И. Вернадскому почва – это область наивысшей геохимической энергии живого вещества, важнейшая по своим геохимическим последствиям лаборатория с идущими в ней химическими, биохимическими и биологическими процессами [21].

Почва является той средой, без которой в природе немислима жизнь растений, реализующих одно из величайших изобретений природы – процесс фотосинтеза, сопровождаемый образованием и накоплением в верхней части земной оболочки органического вещества – хранителя солнечной энергии.

Раскрывая тайны фотосинтеза, К.А. Тимирязев считал, что зеленые растения играют в жизни Земли космическую роль, так как благодаря им возникла и развивается биосфера на нашей планете. По его словам, растение – посредник между небом и землей. Оно – «истинный Прометей, похитивший огонь с неба. И похищенный им луч солнца горит и в мерцающей лучине, и в ослепительной искре электричества» [1].

Роль почвы в глобальных биосферных явлениях и процессах в значительной степени определяется режимом формирования и обновления различных групп органических веществ, знание которых является решающим для успеха управления плодородием почвы.

Современная агрономическая наука располагает такими знаниями и приемами регулирования процессов формирования гумуса в почве, источником которого являются растительные остатки и органические удобрения [14, 19, 20]. И хотя это знание старо как мир, на современном этапе развития научно-технического прогресса в земледелии оно пополняется новыми идеями, знаниями и приемами из области природоподобных технологий [27]. Одним из таких приемов, точнее комплексом приемов является сидерация [2, 3, 14, 22, 23, 32, 31, 37, 39].

### **3. Сущность и значение сидерации в современном земледелии**

В современной агрономической литературе сидерация определяется как группа агротехнических приемов, при которых для повышения плодородия почвы и урожая сельскохозяйственных культур в почву в качестве органического удобрения запахивают зеленую массу посеянных для этих целей сидеральных культур – сидератов [2, 3, 14, 22–26, 30].

Термин «сидерация», предложенный во второй половине XIX века французским ученым Ж. Вилем, в переводе с латинского языка означает «звездный» – *sideris* [22, 24, 30]. Можно предположить, что этот термин связан с похожей на звезду формой листа люпина – самой древней и самой распространенной сидеральной культуры. Однако в ряде фундаментальных работ, посвященных сидерации, этот термин определяется как «лучистый», «солнечный», и рассматривается как относящийся к небесным светилам, что подчеркивает космическую роль сидеральных растений [1, 22–24].

Именно такое значение придавали зеленым растениям К.А. Тимирязев, В.А. Вернадский [1, 21]. Они обосновывали это тем, что зеленые растения поглощают кинетическую энергию солнца и превращают ее в потенциальную энергию органического вещества. Без этой энергии немисливо существование всего живого на земле, так как она находится в составе пищевых продуктов, которыми питается человек, в составе кормов сельскохозяйственных и диких животных, ею насыщены все органические вещества растительного происхождения. И, наконец, эта энергия заключена в почвенном гумусе – основном носителе плодородия, что уже отмечалось выше [14, 19, 21, 22].

И поскольку основой зеленого удобрения является живое растение, то такая форма органического удобрения в наибольшей степени приближается к природоподобным, биологизированным технологиям, призванным успешно решать непростые задачи обустройства нового многогранного и стабильного мира [3, 18, 27, 31]. Это связано, прежде всего, с тем, что в создании зеленого удобрения – сидератов решающая роль принадлежит творению живой природы – вегетирующим растениям, поставляющим постоянно возобновляемый источник энергии – органическое вещество.

Другой особенностью этого возобновляемого источника энергии является то, что химический состав органической массы сидератов и соотношение питательных веществ в ней очень близки и подобны аналогичным показателям у основных сельскохозяйственных культур, что определяет ее соответствие потребности растений этих культур в основных элементах питания [18, 23, 25, 26, 28, 29].

Зеленое удобрение, с одной стороны, является важным источником органического вещества с заключенной в нем потенциальной солнечной энергией и питательными веществами. Оно является полноценной заменой навоза, и в сочетании с минеральными и известковыми удобрениями является эффективным средством оптимизации питания, условий роста и развития сельскохозяйственных растений [2, 22, 23, 30, 37, 41, 45].

Но с другой стороны, зеленое удобрение является фактором биологизации и экологизации земледелия, приближающим его к природоподобным агротехнологиям. Это постольку, поскольку основные запасы питательных веществ в составе сидеральных растений находятся в виде органического вещества, которое не вымывается из почвы, и потому безопасно для окружающей среды [3, 22, 36].

Сидерация имеет биогеосистемотехническое значение, так как она определяет оптимальное сочетание биологических и техногенных факторов воспроизводства плодородия почвы в экологически безопасном земледелии. Это позволяет преодолеть противоречия между развитием современных агроэкосистем и биосферой, которые возникли в последние десятилетия и приобрели планетарное экологическое значение [3, 22, 35, 40, 43, 44].

Доступность сравнительно дешевого зеленого удобрения – «навоза, растущего на поле» – делает его привлекательной и перспективной формой органического удобрения, способного совместно с минеральными удобрениями, соломой и другими растительными остатками значительно уменьшить дефицит органических удобрений, сократить дисбаланс между выносом и поступлением питательных веществ в почву в [18, 22, 23, 26, 28, 41, 42, 45, 46].

В соответствии с «Концепцией развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской Федерации до 2020 года», разработанной учеными ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, при сложившейся структуре посевных площадей сидераты могли бы занимать в нашей стране до 30 млн. га и давать зеленое удобрение, равноценное по содержанию органического вещества 700–800 млн. т подстилочного навоза [15]. При этом затраты на производство и использование зеленого удобрения в 3–4 раза меньше применения подстилочного навоза. Сидеральные пары, являясь важным элементом плодосмена, снижают потери азота и повышают продуктивность севооборотов.

Наряду с решением задачи воспроизводства плодородия почвы зеленое удобрение позволяет решить целый ряд других актуальных задач современного земледелия: рациональное использование питательных веществ минеральных удобрений и почвы, биологизация и экологизация земледелия, защита почвы от эрозии, охрана окружающей среды, снижение пестицидной нагрузки и оздоровление агрофитоценозов, и сохранение экологического равновесия в агроландшафтах и др. [14, 22, 23, 29].

Все это в совокупности определяет большое агротехническое и агроэкологическое значение зеленого удобрения для стабильного повышения урожайности сельскохозяйственных культур и устойчивости земледелия против неблагоприятных погодных условий, а также высокую рыночную конкурентоспособность производителей сельскохозяйственной продукции с различными формами собственности на землю.

Ярким примером широкого и эффективного использования зеленого удобрения в практике земледелия является опыт Белгородской области, где ежегодно в занятых парах и в промежуточных посевах на площади более 300 тыс. га используют сидераты в сочетании с жидким навозом и удобрением соломой. Сочетание этой формы органических удобрений с минеральными и известковыми удобрениями позволило превзойти показатели плодородия почвы в области конца 80-х гг. прошлого столетия и обеспечить стабильность растениеводческих и животноводческих отраслей АПК, по развитию которых Белгородская область занимает одно из первых мест в России.

В качестве сидератов могут быть использованы различные виды однолетнего люпина – желтый, белый, синий (узколистный), а также многолетний люпин, вика, горох, бобы, пелюшка, эспарцет, сераделла, донник белый и желтый, клевер, люцерна и другие бобовые

культуры [22, 23].

Помимо накопления органического вещества бобовые культуры способны с помощью клубеньковых микроорганизмов обогащать почву азотом. Поселяясь на корнях бобовых растений, микроорганизмы синтезируют за лето из атмосферного воздуха до 150–200 кг/га чистого азота. Это равноценно 5–6 центнерам дорогостоящей промышленной азотной селитры.

Сидераты дают такое количество органической массы, которое может заменить достаточно высокие дозы навоза и других органических удобрений. Например, люпин синий – узколиственный – один из лучших сидератов для песчаных и супесчаных почв, дает по 40–50 тонн на 1 га зеленой массы плюс 10–15 тонн корней, итого до 50–65 т/га органической массы, которая по удобрительной ценности не уступает основным видам навоза (табл. 1).

Помимо азота зеленая и корневая масса сидератов богата фосфором, калием, кальцием, микроэлементами и в таком соотношении, которое необходимо для нормального роста и развития основных сельскохозяйственных культур. И что очень ценно – эти питательные вещества находятся в составе органической массы, запахиваемой в почву.

Поэтому они не вымываются из почвы, как это часто происходит с минеральными удобрениями, например, при промывном водном режиме Нечерноземной зоны или на орошаемых землях. А это очень важно не только с позиций питания сельскохозяйственных растений, но и с позиций экологии – значительно уменьшается угроза загрязнения грунтовых вод и водоемов нитратными и другими вредными веществами.

Таблица 1

Содержание питательных веществ в различных видах органических удобрений (%) [22]

Вид удобрений, сидераты	Содержание питательных веществ, %			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Навоз крупного рогатого скота	0,45	0,25	0,55	0,10
Навоз конский	0,58	0,28	0,53	0,30
Навоз овечий	0,85	0,25	0,67	0,30
Навоз свиной	0,45	0,19	0,55	0,05
Торф низинный	0,40	0,04	0,01	0,60
Торф верховой	0,20	0,01	0,01	0,05
Люпин однолетний	0,45	0,10	0,17	0,47
Люпин многолетний	0,37	0,08	0,21	0,38
Донник белый	0,77	0,05	0,19	0,67
Сераделла	0,49	0,18	0,44	0,32
Пелюшка:	0,53	0,16	0,48	0,30
Горчица белая:	0,30	0,08	0,26	0,46
Рапс яровой:	0,45	0,16	0,54	0,40
Рапс озимый:	0,36	0,12	0,56	0,32
Фацелия	0,34	0,13	0,45	0,39

Многие сидераты (люпин, донник и другие) имеют глубоко проникающую корневую систему, и поэтому помимо засухоустойчивости обладают способностью извлекать из глубоких слоев почвы питательные вещества и перераспределять их в пахотный слой. Это позволяют люпину и другим сидератам формировать большую – до 50–60 т/га – вегетативную массу высокой удобрительной ценности [22, 29, 30].

Еще одним не менее ценным свойством люпина, и других бобовых сидератов является их способность с помощью корневых выделений растворять трудно растворимые соединения фосфатов почвы, превращая их в доступные для растений окислы фосфора. За способность синтезировать азот воздуха и вовлекать в круговорот питательных веществ трудно-растворимые фосфаты почвы Д.Н. Прянишников называл растения люпина и все бобовые сидераты живыми азотно-фосфатными фабриками [2].

Запаханная в почву органическая масса сидератов подвергается разложению почвенными микроорганизмами. Наиболее интенсивное разложение сидерата в почве

приходится на первую половину лета, когда происходит наибольшее потребление питательных веществ интенсивно растущими сельскохозяйственными растениями [22, 24, 26].

Такое совпадение по срокам наибольшего поступления питательных веществ в почвенно-поглощительный комплекс и их максимального потребления быстро растущими сельскохозяйственными растениями имеет большое агроэкологическое значение, так как исключает чрезмерное накопление питательных веществ в почве с последующим их вымыванием в грунтовые воды.

Тем самым обеспечивается наиболее высокий коэффициент использования питательных веществ экологически безопасного зеленого удобрения. Интенсивно разлагаясь «в нужное время и в нужном месте», зеленое удобрение является источником растворимых питательных веществ – азота, фосфора, калия, кальция и других в период наиболее интенсивного роста основных сельскохозяйственных культур.

В этот период идет наиболее активное поглощение высвобождающихся питательных веществ корневой системой быстро растущих сельскохозяйственных культур без избыточного накопления их остатков в почве, опасного для окружающей среды. С этих позиций экологически эффективным является пропускание минеральных удобрений через вегетативную массу сидеральных растений, когда предназначенные, например, для пшеницы минеральные удобрения вносятся под сидеральное растение, выращиваемое на зеленое удобрение под эту культуру [3, 14, 22, 26, 29, 31].

Другое преимущество зеленого удобрения имеет организационно-экономический характер. Оно заключается в том, что в отличие от навоза, торфа и других органических удобрений, зеленое удобрение не надо вывозить и разбрасывать по полю. Оно обычно выращивается на том месте, на том поле, где почва нуждается в органическом удобрении, то есть «навоз растет на поле».

Таким образом, исключаются дорогостоящие операции по транспортировке и распределению по полю навоза и других обычных органических удобрений, что делает зеленое удобрение экономически эффективным способом обогащения почвы органическим веществом. При этом важна и качественная сторона применения зеленого удобрения – никакой навозоразбрасыватель или ему подобная машина не сможет обеспечить такого равномерного распределения органического удобрения по полю, как это достигается при использовании сидератов.

#### **4. Зеленое удобрение в занятых парах**

В севооборотах Нечерноземной зоны, в других районах достаточного увлажнения, на орошаемых землях сидераты чаще всего возделывают в занятых парах, которые в этом случае становятся сидеральными парами – лучшими предшественниками озимых зерновых и других культур. Начиная с первых опытов с зеленым удобрением в России в конце XIX века и кончая широким применением зеленого удобрения в различных почвенно-климатических зонах России в наши дни, именно такое место в севообороте определяет наиболее эффективное использование зеленого удобрения [14, 22].

Однако большая часть используемых пахотных земель в нашей стране расположена в районах недостаточного увлажнения и с крайне засушливыми условиями, где устойчивость земледелия обеспечивается лишь при использовании чистых паров. Поэтому занятые сидеральные пары прежде всего – элемент систем земледелия в районах достаточного увлажнения.

Запашку зеленой массы люпина и других сидератов в занятом пару проводят в момент наибольшего накопления зеленой массы. Обычно это фаза цветения – начало формирования генеративных органов. Однако запашка зеленой массы должна проводиться не позже чем за 2–3 недели до посева озимых культур на легких – песчаных и супесчаных почвах, и за 3–4 недели – на связных – глинистых и суглинистых почвах [14, 25].

Запашка зеленого удобрения в занятом пару непосредственно перед посевом озимых и других культур не желательна, так как чревата сильным изреживанием посевов этих культур. Это происходит в результате ингибирующего воздействия продуктов разложения свежей зеленой массы сидерата на проростки зерновых культур. Кроме того, изреживание посевов озимых культур в этом случае происходит также в результате разрыва первичных корешков растений озимых культур в процессе быстрого оседания рыхлой почвы.



Для своевременной и высококачественной предпосевной подготовки почвы под озимые зерновые культуры важна тщательная, на всю глубину пахотного слоя, заделка зеленой массы сидерата. Это достигается с помощью вспашки отвальным плугом на глубину пахотного слоя с предварительным прикатыванием и измельчением зеленой массы сидерата перекрестным дискованием.

При недостаточно глубокой заделке зеленой массы возможно ее выдергивание культиваторами на поверхность почвы, что не только снижает эффект сидерации, но и не позволит провести качественный посев озимых культур. В случае возникновения такой опасности при предпосевной подготовке почвы следует заменить паровые культиваторы дисковыми боронами.

Хорошие результаты дает также измельчение сидеральной массы перед ее заашкой с помощью роторной косилки типа КИР-1,5, которую для этих целей переоборудуют – снимают направляющие трубы и закрывают листом железа отверстие над барабаном.

Зеленое удобрение, содержащее в своем составе все питательные вещества, необходимые сельскохозяйственным растениям, оказывает положительное комплексное воздействие на основные показатели плодородия почвы.

Под влиянием зеленого удобрения в несколько раз повышается биологическая активность почвы, бурно развивается так называемая сапрофитная микрофлора почвы, которая активно разлагает растительные остатки с выделением в почвенный раствор окислов азота, фосфора, калия, кальция и других питательных веществ [22, 23, 26, 28, 29, 32, 37].

Кроме того, сапрофитная микрофлора почвы является антагонистом грибной микрофлоры почвы, среди которой много возбудителей болезней растений, таких как корневые гнили зерновых культур, фитофтороз картофеля, томата, фузариоз льна-долгунца и другие.

Лучшие условия жизни, создаваемые зеленым удобрением для культурных растений, обеспечивают последним большую конкурентную способность против сорных растений. В результате этого сидерация снижает засоренность посевов сельскохозяйственных культур на 30–60 % при одновременном снижении запаса семян сорняков в пахотном слое почвы.

Улучшение условий питания, снижение пораженности болезнями, вредителями, уменьшение засоренности посевов под влиянием сидерации обеспечивают хороший рост и развитие культурных растений, в результате чего они дают такие же урожаи, как и при внесении больших доз навоза.

По данным Новозыбковской опытной станции, Судогодского опытного поля, ВНИИОУ, других научных учреждений Нечерноземной зоны заашка узколистного люпина в сидеральных парах под озимые зерновые культуры на супесчаных почвах повышает урожай зерна на 25–30 % [22, 30, 31].

В среднем по Нечерноземной зоне сидеральный пар, занятый многолетним люпином, обеспечивал прибавку урожая зерна озимой ржи от 0,35 до 1,7 т/га [22].

По обобщенным данным К.И. Довбана сидеральный пар в условиях Белоруссии обеспечивает следующие прибавки урожайности: зерновых культур – 0,4–1,5 т/га, картофеля 5–9, сахарной свеклы 5–14, зеленой массы кукурузы 7–13, гречихи 0,6–1,0 т/га [23]. Однако действие сидерата в занятом пару этим не ограничивается, и прослеживается на последующих культурах севооборота. Так, в опытах с люпином Судогодского опытного поля Новозыбковской опытной станции урожай картофеля, идущего в севообороте после озимой ржи, удобренной сидератом, увеличивался на 12–15 %. В опытах ВНИИ органических удобрений общая прибавка урожая зерна после сидерального пара в севооборотном звене озимая пшеница, ячмень, овес составила 2,9 т/га [31].

Зеленое удобрение с таким же высоким эффектом может быть использовано под картофель и другие пропашные культуры, как в полевых, так и в кормовых и специальных севооборотах – прифермских, овощных, земляничных, плодово-питомнических и других севооборотах [14, 22, 30]

Одновременно с этим сидерация через улучшение фитосанитарной ситуации на полях снимает необходимость широкого использования фунгицидов, инсектицидов, гербицидов. Такое снижение пестицидной нагрузки имеет большое экологическое значение. С учетом высокой стоимости пестицидов это экономически значимо.

Применение сидератов в занятых сидеральных парах имеет недостаток – в год

парования поля оно «ни вершков, ни корешков» не дает, так как нет урожая основных культур. Тем не менее, наши почвы часто настолько истощены, что "отдых" в виде сидеральных паров им необходим, без него невозможно дальнейшее использование земли как незаменимого основного средства производства в земледелии.

### 5. Промежуточная форма сидерации

Наряду с сидеральными занятыми парами существует и другая форма сидерации, которая позволяет применять зеленое удобрение в севообороте не только без ущерба для урожая основных культур севооборота, но и с его прибавкой. Это достигается при использовании на зеленое удобрение посевов промежуточных культур.

Промежуточными называют культуры, которые возделываются на пашне в промежутки теплого времени года, свободный от возделывания основных культур севооборота. В зависимости от сроков сева и использования промежуточные культуры могут быть *пожнивными, поукосными, подсевными и озимыми промежуточными* [14, 22].

Возможность возделывания пожнивных, поукосных и других промежуточных культур в современных севооборотах связана с тем, что многие сельскохозяйственные культуры недостаточно полно используют агроклиматические ресурсы теплого времени года. Например, даже в Нечерноземной зоне после уборки урожая зерновых культур, занимающих в хозяйствах до 60 % площади пашни, агроклиматические ресурсы используются лишь на 60–70 %.

Биология зерновых культур такова, что они формируют урожай и достигают полной спелости зерна за 3–3,5 летних месяца. И после их уборки до наступления устойчивого похолодания остается 2–2,5 месяца теплого времени, часто обеспеченного теплом и атмосферными осадками в количестве, необходимом для выращивания пожнивных и других промежуточных культур.

Значительное количество тепла и атмосферных осадков не используется и в весенний период до посева и посадки поздних яровых культур – кукурузы, картофеля и других. По поводу таких непроизводительных потерь тепла и других агроклиматических ресурсов К.А.Тимирязев писал: “Каждый луч солнца, не уловленный зеленой поверхностью поля, луга или леса – богатство, потерянное навсегда, и за растрату которого более просвещенный потомок осудит своего невежественного предка” [1].

Чтобы не уподобляться тому “невежественному предку”, каждый земледелец должен стремиться к наиболее полному использованию земли и агроклиматических ресурсов – энергии солнечного луча и атмосферных осадков.

Вопросам рационального использования пашни и агроклиматических ресурсов с помощью промежуточных культур в центральных областях Нечерноземной зоны с целью повышения плодородия дерново-подзолистых почв автор этих строк посвятил более 50 лет своей научно-исследовательской и внедренческой работы [3, 5, 14, 22, 25, 26, 28, 29, 36, 39].

Результаты наших многолетних исследований в Тимирязевской сельскохозяйственной академии, исследования других научных учреждений и производственный опыт показывают, что при наличии необходимой материально-технической базы (техника, семена, удобрения и др.) агроклиматические ресурсы и пашня в различных севооборотах наиболее полно могут быть использованы посредством посева различных видов промежуточных культур [22, 25, 26, 28, 29].

Посевы промежуточных культур часто используются для укрепления кормовой базы животноводства, воспроизводства плодородия почвы через дополнительное поступление навоза на поля. При необходимости посевы пожнивных культур могут быть использованы и на зеленое удобрение по аналогии с тем, как это делается в сидеральном пару с использованием люпина и других бобовых сидератов.

Однако набор пожнивных, поукосных и других промежуточных сидератов, например, в Нечерноземной зоне будет несколько иным, чем в сидеральных парах. Это из-за того, что посевы бобовых культур при пожнивных посевах в этой зоне часто не удаются – они долго всходят, медленно растут, повреждаются ранне-осенними заморозками, и до наступления холодов не успевают дать сколь либо значительный урожай зеленой массы, оправдывающий затраты на их возделывание [25, 28].

Но совершенно по-иному ведут себя при посеве во второй половине лета культуры из семейства капустовых: горчица белая (*Sinapis alba* L.), яровой и озимый рапс (*Brassica napus* L., ssp. *oleifera* Metzger), турнепс (*Brassica rapa* L., ssp. *rapifera* Metzger), редька масличная (*Raphanus sativus* L., var *oleifera* Metzger), сурепица озимая (*Brassica campestris* L.). При посеве в начале августа они быстро дают дружные всходы, хорошо растут и переносят кратковременные осенние заморозки в диапазоне температур от  $-4$  до  $-6^{\circ}\text{C}$ , и до наступления устойчивого похолодания успевают дать в среднем по 18–20 т/га зеленой массы. Это позволяет получать дополнительно к урожаю зерна еще 2–2,5 т/га кормовых единиц, увеличив продуктивность пашни на 30–40 % при относительно низкой себестоимости корма, так как затраты на посев этих мелкосемянных культур незначительны. Семеноводство горчицы белой и других культур семейства капустовых возможно в большинстве областей Нечерноземной зоны при коэффициенте размножения 70–100 и более.

Наши многолетние исследования в Тимирязевской сельскохозяйственной академии показали, что в центральных областях Нечерноземья для пожнивной сидерации наиболее пригодными являются пожнивныя посева горчицы белой (*Sinapis alba* L.)

В отдельные годы с хорошим обеспечением осени осадками и теплом горчица белая, высеянная в начале августа сразу после уборки озимой пшеницы или озимой ржи, к концу сентября зацветала и давала по 27–30 т/га зеленой массы высокой кормовой и удобрительной ценности. Горчица белая лучше, чем другие капустные растения переносит кратковременные осенние засухи и понижения температуры.

При изучении способов использования белой горчицы как сидерата в учхозе МСХА имени К.А. Тимирязева «Михайловское» были годы, когда цветущие растения пожнивного посева горчицы в начале октября попадали под заморозок до минус 6 градусов и покрывались слоем снега. Но с возвращением теплой погоды снег таял, и горчица, как ни в чем не бывало, еще в течение 1–2 недель продолжала вегетацию. Это сходно с той ситуацией, в которую обычно позднее осенью попадают позднеспелые сорта белокочанной капусты [25].

Зеленая масса горчицы обладает хорошими молокогонными свойствами, и, например, в Германии, в других западноевропейских странах пожнивныя посева белой горчицы в фазу цветения часто используют как пастбищный корм для крупного рогатого скота с последующей заправкой остатков пастбищного корма как зеленого удобрения в почву [22, 25, 26, 43, 44].

После цветения зеленая масса горчицы белой грубеет, в образовавшихся семенах идет накопление горчичных и эфирных масел, и она не пригодна для скармливания скоту. Горчица белая является хорошим медоносом, и при теплой сентябрьской погоде в фазу цветения ее пожнивный посев охотно посещается пчелами.

Во влажные годы высокие урожаи зеленой массы дают также пожнивныя посева фацелии, которая в отличие от горчицы белой при пожнивном посеве в условиях Нечерноземной зоны не достигает фазы цветения, но ее зеленая масса имеет высокую удобрительную ценность.

## 6. Технология возделывания пожнивных сидератов

Технология возделывания пожнивных сидератов хорошо вписывается в современную технологию возделывания основных культур севооборота. Например, большинство полевых севооборотов Нечерноземной зоны построены на принципах плодосмена, при которых на полях постоянно чередуются зерновые и пропашные культуры, бобовые и злаковые, озимые и яровые культуры, многолетние и однолетние растения и т.д. [14] В таких севооборотах обычно после озимых зерновых культур идут яровые пропашные или зерновые культуры, и в промежутке времени между ними пожнивныя культуры хорошо вписываются в систему зяблевой обработки почвы.

Промежуточные сидераты из растений семейства капустовых можно размещать после рано убираемых зерновых, а также кормовых и овощных – зеленных и других культур, как на больших плантациях, так и в условиях фермерских хозяйств.

Однако промежуточные культуры из семейства капустовых нельзя возделывать после и перед культурами из того же семейства из-за опасности распространения специализированных вредителей и болезней, поражающих эти растения этого семейства.

Это точно также, как нельзя возделывать мятликовые после мятликовых растений, пасленовые после пасленовых, зонтичные после зонтичных и т.д.

Ограниченность периода возможной вегетации растений при возделывании пожнивных культур предъявляет повышенные требования к технологии их возделывания. Прежде всего, эти культуры следует сеять как можно раньше – сразу же после уборки предшествующей основной культуры. Установлено, что в центральных областях Нечерноземной зоны наибольший урожай пожнивных посевов горчицы белой дают при посеве не позже первой декады августа.

Результаты наших исследований показали, что запаздывание со сроками пожнивного посева этой культуры на 10–12 дней приводило к снижению урожая зеленой массы с 22 до 9 т/га [22, 25, 36].

Поэтому все предпосевные работы и посев пожнивных культур необходимо проводить в сжатые сроки. Для этой цели особенно пригодны различные комбинированные агрегаты, позволяющие совместить операции по обработке, удобрению почвы и посеву. Особенно большое значение имеют сроки сева для озимого рапса и озимой сурепицы. Они лучше зимуют, если их высевают на две недели раньше оптимальных сроков посева озимых зерновых культур.

Высокая урожайность зеленой массы как пожнивных, так и других промежуточных культур на малоплодородных почвах Нечерноземья возможна лишь при внесении минеральных удобрений, особенно азотных, на которые капустовые культуры отзываются быстрым ростом и высокой урожайностью.

Например, на суглинистых почвах Подмосковья внесение 45 кг/га действующего вещества азота (125 кг/га аммиачной селитры) повышало урожай зеленой массы пожливной горчицы, посеянной по луцению стерни, на 44 %.

На фоне такого же количества фосфорно-калийных удобрений эта же доза азота повышала урожай пожливной горчицы на 56 %. Минеральные удобрения вносят под предпосевную обработку почвы.

При посеве пожливных культур норму высева семян следует увеличивать против весенних сроков сева на 25–30 %. Для горчицы белой она должна составлять 30–35 кг/га при ширине междурядий 15 см., для рапса 15–18 кг/га при ширине междурядий 30 см. Эти культуры имеют мелкие семена, которые при посеве заделывают в хорошо разделанную почву на глубину 2–3 см. с прикатыванием, но с некоторым заглублением на легких почвах и в сухую погоду

Установлено, что наибольший агроэкологический и экономический эффект дает использование пожливного сидерата в сочетании с удобрением соломой озимых культур.

В связи с этим уборку озимой ржи или пшеницы проводят комбайнами с соломоизмельчителями, оставляющими измельченную солому (от 4 до 6 т/га) на поверхности поля. Сразу же после уборки зерновых культур, не теряя ни одного дня, вносят 1–1,5 ц/га аммиачной селитры, и вместе с измельченной соломой немедленно заделывают ее в почву перекрестным дисковым луцением в 2–3 следа на глубину 8–10 см.

Внесенное азотное удобрение является стартовой дозой удобрения, необходимого для хорошего роста пожливного сидерата. Одновременно азотное удобрение оптимизирует соотношение между углеродом и азотом в органической массе соломы, которая бедна азотом, и внесение в почву соломы без азотного удобрения вызывает иммобилизацию запасов почвенного азота.

Дискование стерни является составной частью системы зяблевой обработки почвы. Сразу же после дискования проводят посев пожливной культуры, которая после появления всходов вегетирует до середины октября и запахивается в почву при основной обработке почвы – зяблевой вспашке под последующую яровую культуру.

Минеральные удобрения – азотные и другие, внесенные под пожливный сидерат, являются частью удобрений, предназначенных под последующие культуры севооборота, и их перевод в органическую форму сидерата и экологически, и экономически оправдан. По данным наших исследований это позволяет повысить коэффициент использования азота минеральных удобрений на 40–50 % [22, 36].

При использовании пожливных сидератов из семейства капустовых всегда возникает вопрос об их семеноводстве, на который можно ответить, что все они в условиях

Нечерноземной зоны хорошо вызревают на семена и могут дать от 10 до 20 ц/га семян. При их высоком коэффициенте размножения эти культуры можно быстро размножить и иметь в хозяйстве свои семена.

Наиболее пригодная для пожнивных посевов горчица белая на семена высевается весной как ранняя яровая культура с нормой посева 20 кг/га и с междурядьями 15 см. при заделке семян в хорошо разделанную почву на глубину 2–3 см с одновременным прикатыванием.

При недостатке семян для ускоренного размножения белую горчицу на семена высевают с нормой посева 10–12 кг/га и с междурядьями 30–45 см [25]. Под предпосевную культивацию вносят по 60–70 кг/га действующего вещества азотных и фосфорно-калийных удобрений.

Семена белой горчицы можно получить в смешанных посевах с горохом, которому горчица в этом случае будет служить «костылями» – поддерживающей культурой. Для этого при посеве гороха его обычную посевную норму семян смешивают с 3 кг/га семян горчицы белой. Семена обеих культур созревают и убираются примерно в одни сроки [22]. При необходимости сразу же после уборки семена горчицы досушиваются до кондиционной влажности 14 % и отделяются от гороха с помощью обычных зерноочистительных машин. Это требование к послеуборочной доработке семян горчицы связано с тем, что ее семена содержат высокий процент жира, и при повышенной влажности во время хранения они быстро теряют всхожесть.

#### **7. Пожнивное зеленое удобрение с соломой – ценное органическое удобрение**

Устойчивое развитие экологически чистого земледелия в рамках современных агроландшафтов тесно связано с проблемой воспроизводства плодородия почв, основой которого является создание бездефицитного баланса гумуса. Гумус является не только носителем питательных веществ, но и источником энергии для полезной почвенной микрофлоры, он существенно влияет на химические, физические и биологические свойства почвы.

В гумусе сосредоточено 98 % запасов почвенного азота, 60 % фосфора, 80 % калия и содержатся все другие минеральные элементы питания растений в сбалансированном состоянии по природной технологии. Наличие гумуса свидетельствует о том, насколько почва живая. Чем больше гумуса, тем лучше водный, воздушный и тепловой режимы почвы, тем насыщеннее почва основными элементами питания, тем активнее идут в ней процессы создания живого из неживого [14, 19, 22].

Создание бездефицитного баланса гумуса в почве является одной из ключевых задач экологически чистого и устойчивого земледелия. Основными приходными статьями баланса гумуса в почве являются органические удобрения и растительные остатки. И те, и другие имеют место быть при использовании как основных, так и промежуточных сидеральных культур.

Основным действующим фактором зеленого удобрения является его органическое вещество, которое в составе зеленой массы, корней поступает в почву и играет важную роль в воспроизводстве ее плодородия.

Как и всякое другое органическое удобрение, зеленое удобрение имеет свои качественные характеристики, которые определяют его удобрительную ценность. Помимо того, что по своему химическому составу зеленое удобрение очень близко к химическому составу удобряемых им сельскохозяйственных культур, и потому после своего разложения в почве способно в полной мере удовлетворить их потребность в питательных веществах, оно является ценным сырьем для образования и пополнения запасов гумуса – основного носителя почвенного плодородия.

Эффективность заделки пожнивного сидерата по своему влиянию на урожай последующих культур – картофеля, ячменя, овса, озимой пшеницы, озимой ржи не уступает внесению 20–30 т/га навоза хорошего качества, особенно если зеленая масса запахивается с соломой озимых и других зерновых культур [22, 25, 26, 36].

Солома с ее широким соотношением азота и углерода является хорошим дополнением к пожнивному зеленому удобрению с очень узким соотношением азота и углерода.

Их сочетание как бы уравнивает соотношение этих двух важных элементов в почве и обеспечивает такой уровень биологической активности и процессов гумификации в почве, который достигается при внесении в почву высококачественного навоза.

Пожнивные сидераты и солома, заменяя недостающие органические удобрения, положительно влияют на плодородие почвы, на баланс органического вещества и питательных веществ, агрофизические и другие показатели плодородия почвы, на фитосанитарное состояние посевов [26, 36, 37, 41].

Высокая эффективность поживного сидерата связана также с улучшением фитосанитарной обстановки в севообороте в результате снижения пораженности растений болезнями, вредителями и уменьшения засоренности посевов зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Например, запахка зеленой массы поживного сидерата снижает пораженность картофеля ризоктониозом и паршой в 2–3 раза, ячменя корневыми гнилями – в 1,7–2 раза. Особенно это важно учитывать и использовать в специализированных зерновых, картофельных, льняных и других севооборотах, когда зеленое удобрение позволяет снизить пораженность растений болезнями растений, возбудители которых – почвенные грибы и другие микроорганизмы находятся в почве.

Улучшая условия роста и развития растений, зеленое удобрение повышает устойчивость культурных растений к вредителям и их конкурентную способность в отношении сорных растений.

Известны случаи, когда в годы с массовым распространением шведской мухи на участках, где запахивался сидерат, растения овса повреждались ею на 30–35 % меньше, так как по сидерату растения овса лучше и быстрее росли и развивались, и личинки шведской мухи не успевали повредить точку роста всходов овса. То есть, овес быстрее проходил фазы своего развития и «уходил» от поражения личинками шведской мухи [22].

Наши наблюдения показали, что мощная вегетативная масса загущенных сидеральных растений, высеваемых, как правило, с повышенной нормой посева, подавляет рост и развитие проростков сорных растений, семена которых спровоцированы на прорастание предпосевной обработкой почвы под сидеральные культуры. Установлено, что проростки семян сорняков ингибируются и погибают под влиянием продуктов разложения зеленой массы сидератов [22, 26].

Сидераты могут быть надежными защитниками культурных растений и от вредителей. Выше уже упоминалось об их значении в защите посевов овса от поражения шведской мухой. А в практике голландского земледелия распространен метод биологической защиты сахарной свеклы от свекловичной нематоды с помощью поживных посевов масличной редьки. При бессменном возделывании или при частом возвращении сахарной свеклы на поле в почве накапливаются цисты свекловичной нематоды, которые на границе между пахотным и подпахотным слоями почвы образуют густо населенный ими «цистовый экран». Этот экран является причиной «пальчатости» и значительного снижения урожайности корнеплодов сахарной свеклы. Масличная редька имеет глубоко проникающую стержневую корневую систему, выделения которой убивают живые цисты свекловичной нематоды, разрушают «цистовый экран», обеспечивая тем самым биологическое оздоровление почвы от свекловичной нематоды [22].

Поживная сидерация в сочетании с удобрением соломой является важным фактором биологизации земледелия, который улучшает физические свойства почвы и защищает почву от эрозии, способствуют охране окружающей среды, обеспечивают устойчивое экологическое равновесие и получение экологически чистой продукции [3, 22, 36].

Положительное влияние поживной сидерации на плодородие дерново-подзолистой почвы, на фитосанитарное состояние посевов в конечном итоге благоприятно сказывается на росте, развитии и урожайности сельскохозяйственных культур, на продуктивности севооборота и качестве получаемой продукции.

При промежуточной форме сидерации ее агротехническая эффективность также высока, как и в сидеральном пару, и сопровождается повышением выхода продукции с единицы площади пашни на 17–20 %.

Результаты наших многолетних исследований на среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах Подмосковья показали, что если внесение 20 т/га навоза повышает

урожайность картофеля на 48 %, равноценное ему количество минеральных удобрений – на 36 %, то заплата зеленой массы пожнивной горчицы (15–20 т/га) в чистом виде повышает сбор клубней картофеля на 49,8 %, а в сочетании с удобрением соломой (5–6 т/га) – на 58,6 %. При этом повышается товарность клубней и содержание крахмала в них.

На супесчаных дерново-подзолистых почвах Брянской области после пожнивного сидерата урожайность картофеля повышалась на 86 %, после внесения равнозначного количества минеральных удобрений – на 46 %, минеральных удобрений с навозом – на 84 % при одновременном повышении товарности клубней и повышении содержания в них крахмала.

Особенно большое значение пожнивная сидерация как в чистом виде, так и в сочетании с удобрением соломой имеет при зерновой специализации земледелия, которая в последнее время приобретает все большее распространение во многих областях Нечерноземной зоны [36, 46].

В наших стационарных опытах на фоне минеральных удобрений в зерновом севообороте: 1. занятый пар (вика-овес на зеленый корм), 2. озимая пшеница, 3. овес, 4. ячмень, 5. озимая рожь, 6. ячмень при его насыщении зерновыми культурами до 83 % на половине севооборотной площади после озимых культур и ячменя возделывалась и запахивалась пожнивная белая горчица по фактическому урожаю ее зеленой массы (табл. 2) вместе с 5–6 т/га измельченной соломы.

Этот зерновой севооборот сравнивали с плодосменным севооборотом: 1, 2. многолетние травы, 3. озимая пшеница, 4. кукуруза на силос, 5. овес, 6. ячмень с подсевом мн. трав. И в зерновом, и в плодосменном севооборотах минеральные удобрения вносились: под зерновые культуры – в расчете на запланированный урожай 4–5 т/га зерна, под кукурузу – в расчете на 500 ц/га силосной массы, под многолетние травы – на урожай сена 60 ц/га, под вико-овсяную смесь – на 250 ц/га зеленой массы.

Результаты многолетних исследований показали, что исключение из полевого севооборота посевов многолетних трав и доведение удельного веса зерновых культур до 83 % посевной площади севооборота снижало поступление растительных остатков в почву зернового севооборота в среднем за ротацию севооборота с 4,06 т/га в год до 3,47 т/га или на 15 %. При этом соответственно на 9 % уменьшалось поступление углерода в почву (табл. 2).

Однако длительное – в течение 4 севооборотных ротаций (24 года) – использование пожнивного сидерата горчицы белой повышало поступление органического вещества в почву на 32 %, а с ним и углерода – на 62 %. Еще больше – почти вдвое – увеличивалось количество органической массы, поступающей в почву зернового севооборота при пожнивной сидерации совместно с удобрением соломой. При этом прибавка углерода в почве составляла 92 %.

Это увеличение связано не только с тем, что в почву прямо вносилось определенное количество органического вещества в виде зеленой массы горчицы и соломы зерновых культур. Оно определялось также и тем, что зеленое удобрение как в чистом виде, так и в сочетании с удобрением соломой повышало урожайность зерновых культур, а вместе с этим и увеличивало количество органической массы, которое поступало в почву в виде пожнивных и корневых остатков озимых и яровых зерновых культур.

Таблица 2

**Поступление органического вещества в почву в среднем за одну ротацию 6-польного севооборота. Учхоз ТСХА «Михайловское» [36]**

Вид севооборота и % зерновых	Удобрения	Поступление растительных остатков, т/га в год			Поступление углерода, С т/га в год
		пожнив-ных	корне-вых	всего	
Плодосмен, 50	НПК	1,27	2,79	4,06	1,59
Зерновой, 83	НПК	1,29	2,18	3,47	1,45
Зерновой, 83	НПК+сидерат	2,14	2,54	4,68	2,35
Зерновой, 83	НПК+сидерат+ солома	4,25	2,76	7,01	2,79

При этом от ротации к ротации в этом процессе прослеживался накопительный эффект от длительного применения пожнивного сидерата как в чистом виде, так и в сочетании с соломой.

Зеленая масса пожнивного сидерата с узким соотношением C:N является своеобразной «биологической растопкой», которая эффективно влияет на биологическую активность почвы и почвенную биоту в зерновых специализированных севооборотах. Установлено, что под ее влиянием микробиологическая активность пахотного слоя почвы повышается в 1,5–2 раза при одновременном изменении видового состава почвенной микрофлоры – в несколько раз повышалось содержание бактерий рода *Clostridium*, и азотофиксирующая способность дерново-подзолистой почвы возрастала в 6–10 раз. Одновременно зеленое удобрение активизировало ферментативную активность почвы: активность уреазы повышалась на 52 %, протеазы – на 45 %, инвертазы – на 10 %, каталазы – на 17 % [14].

Повышение активности почвенной биоты под влиянием поживной сидерации подтверждается и данными учета численности дождевых червей в верхнем слое почвы.

Дождевые черви являются важной составной частью почвенной биоты и своеобразным индикатором состояния плодородия почвы. Поглощая вместе с минеральной частью почвы огромное количество мертвых растительных остатков (пожнивных, корневых, опавших листьев), микробов, грибов, водорослей, нематод и т.д., черви уничтожают и переваривают их. В пищеварительном тракте червей формируются гумусные вещества. В копролитах (каловых массах) червей естественных популяций содержится 11–15 % гумуса на сухое вещество, а в копролитах культивируемых червей содержание гумуса вдвое больше и составляет от 25 до 35 % на сухое вещество.

Установлено, что длительное использование поживной сидерации на фоне минеральных удобрений способствует увеличению количества дождевых червей в пахотном слое дерново-подзолистой почвы в 1,5 раза под посевами ячменя в зерновом севообороте и в 4–5 раз при бессменном посеве ячменя (табл. 3).

Таблица 3

**Количество и биомасса дождевых червей в слое 0–20 см дерново-подзолистой почвы под ячменем. Учхоз ТСХА «Михайловское» [22]**

Севооборот и % зерновых	Удобрение	Весной до посева		После уборки	
		кол-во шт/м <sup>2</sup>	биомасса г/м <sup>2</sup>	кол-во шт/м <sup>2</sup>	биомасса г/м <sup>2</sup>
Плосмен -50 Зерновой -83 Зерновой -83 Зерновой -83	НРК	37	16.5	27	17.1
	НРК	23	12.1	21	14.7
	НРК+сидерат	27	12.7	23	20.2
	НРК+сидерат+ + солома	23	12.3	35	25.7
Бессменные посевы ячменя	Без удобрений	13	7.7	13	7.9
	НРК	28	13.1	29	13.3
	НРК+ сидерат	33	14.2	27	17.8
	НРК+сидерат+ +солома	29	14.3	53	40.5

При пересчете полученных результатов на единицу площади пашни выходит, что на 1 гектар пахотного слоя дерново-подзолистой почвы средней степени окультуренности к концу лета приходится 350–400 тыс. особей дождевых червей общей массой 250–450 кг. Причем максимальных значений эти показатели активности почвенной биоты достигали при использовании поживного зеленого удобрения с соломой.

Положительное влияние поживной сидерации в сочетании с удобрением соломой на весь комплекс показателей плодородия почвы позволяет снять отрицательное воздействие предельного насыщения севооборота зерновыми культурами и получать такие же урожаи



зерновых культур, как и в плодосменном севообороте (табл. 4) с сохранением качество зерна на уровне аналогичных показателей в плодосменном севообороте [36].

Таблица 4

**Урожайность зерновых культур и продуктивность плодосменного и зернового севооборотов, в среднем за 4 ротации севооборотов (24 года).  
Учхоз ТСХА «Михайловское» [36]**

Вид севооборота, % зерновых и удобрение	Урожайность зерна, т/га				Выход зерна т/га
	Ячмень***	Овес***	Озимая пшеница	Озимая рожь	
Плодосмен, 50, NPK	3,28	3,1	3,77	–	1,70
Зерновой, 83, NPK	2,89	2,9	3,50	3,44	2,62
Зерновой, 83, NPK+П.С*	3,12	3,2	3,80	3,66	2,82
Зерновой, 83, NPK +П.С.+С.**	3,18	3,2	3,93	3,91	2,90

\* – пожнивный сидерат (горчица белая), \*\* – пожнивный сидерат + солома,

\*\*\* – под эту культуру в севообороте запахивали зеленое удобрение и солому

При этом проявляется накопительный эффект пожнивной сидерации и удобрения соломой – прибавка урожая зерна озимой пшеницы и озимой ржи, идущих после яровых культур, от этих удобрений была не меньше, а по некоторым ротациям даже больше, чем прибавки урожая ячменя и овса, под которые непосредственно запахивалась горчица и солома.

Рациональное чередование зерновых культур по их видам в специализированном зерновом севообороте в сочетании с многолетним применением пожнивной сидерации, как в чистом виде, так и в сочетании с соломой позволяет увеличить выход зерна с единицы севооборотной площади на 65–70 % при благоприятных экологических условиях.

Исследования, проведенные нами в Тимирязевской сельскохозяйственной академии, показали, что совокупные затраты на зеленое удобрение были на 30–40 % ниже, чем на внесение равноценного количества навоза или других органических удобрений [26, 36].

### Заключение

Результаты многолетних исследований показали, что в условиях постоянно нарастающей потребности в сельскохозяйственной продукции на фоне обострения экологических проблем как в мире, так и в нашей стране техногенные технологии в земледелии требуют дальнейшего совершенствования путем их биологизации с широким привлечением биологически возобновляемых постоянных источников энергии.

Одним из таких источников является зеленое удобрение, которое как органическое удобрение является важным источником органического вещества в почве с заключенной в нем потенциальной солнечной энергией и питательных веществ для сельскохозяйственных культур. Оно является полноценной заменой навоза и других органических удобрений, и в сочетании с соломой, с минеральными и известковыми удобрениями является эффективным средством оптимизации условий жизни сельскохозяйственных растений и повышения их продуктивности.

Зеленое удобрение является экологически чистым органическим удобрением – важным фактором биологизации и экологизации земледелия, приближающим его к природоподобным агротехнологиям. Это определяется, прежде всего, тем, что основные запасы питательных веществ в составе сидеральных растений находятся в виде органического вещества, которое пополняет запасы гумуса в почве, не вымывается из почвы, и потому безопасно для окружающей среды.

Сидерация имеет биосистемотехническое значение, так как она определяет оптимальное сочетание биологических и техногенных факторов воспроизводства плодородия почвы в экологически безопасном земледелии.

Использование зеленого удобрения с учетом последних достижений в области агроландшафтоведения, высокоточных агротехнологий, с широкой компьютеризацией и

мониторингом в агробиосистемах имеет большое агроэкологическое, энергосберегающее и экономическое значение. Оно позволяет привлечь в биосферу Земли больше энергии и преодолеть противоречия между развитием современных агроэкосистем и биосферой, которые возникли в последние десятилетия и приобрели планетарное экологическое значение.

#### Примечания:

1. Тимирязев К.А. Избранные сочинения. Т. 2. М.:ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948. С. 20.
2. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения в 3 томах. М.: Сельхозгиз, 1965.
3. Лошаков В.Г. Экологические проблемы современных агроландшафтов // Экология и культура: от прошлого к будущему. Ярославль – Борок, НИИ биологии внутренних вод им. Папанина РАН, 2013. С. 13–19.
4. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А. Основы химической защиты растений / Под ред. С.Я.Попова. М.: Арт-ЛионЮ, 2003. 208 с.
5. Баздырев Г.И., Захаренко А.В., Лошаков В.Г., Рассадин А.Я., Сафонов А.Ф., Туликов А.М. Земледелие / Под ред. Г.И. Баздырева. М.: ИНФРА-М, 2013. 608 с.
6. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы), теория и практика. Т. 1-3. М.: Агрорус, 2008. 814 с. 2009. 1098 с.
7. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стрельцов Г.Я. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии / Под ред. М.С.Соколова и В.А.Чулкиной. М.: Колос, 2009. 670 с.
8. Захаренко В.А. Фитосанитарный мониторинг агроэкосистем и его научно-методическое обеспечение в России. // Сб. Методическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. М.: Почв. ин-т им. В.В.Докучаева, 2010. С. 124–138.
9. Отчеты Академии Конъюнктуры Промышленных Рынков: [www: akpr.ru](http://www.akpr.ru)
10. Земледелие на рубеже XXI века. М.: МСХА, 2003. 372 с.
11. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2014 году. М.: МЭР РФ, 2015. 224 с.
12. Каштанов А.Н. Земледелие. Избранные труды. М.: Россельхозакадемия, 2008. 685 с.
13. Кочетов И.С. Агроландшафтное земледелие и эрозия почв в Центральном Нечерноземье. М.: Колос, 1999. 222 с.
14. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы / Под ред. В.Г. Сычева. М.: ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2012. 512 с.
15. Сычев В.Г., Ефремов Е.Н. Концепция программы агрохимических мероприятий до 2020 года // Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий. М.: ВНИИА, 2011. 30 с.
16. Чекмарёв П.А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв центрально-черноземных областей России // Агрохимия. 2013. № 4. С. 11-22.
17. Wilhelm R. Neuere Erkenntnisse zur Phosphataufnahme von Pflanzen //Archives of Agronomy and Soil Science February 2006. 52 (1). pp. 1–17.
18. Мерзлая Г.Е., Державин Л.М., Завалин А.А., Лошаков В.Г., Ваулина Г.И., Козлова А.В., Яковлева Т.А. Рекомендации по эффективному использованию соломы и сидератов в земледелии / Под ред. В.Г.Сычева. М.: ВНИИА, 2012. 44 с.
19. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М.: РАСХН, 2004. 730 с.
20. Володин В.М., Масютенко Н.П., Велюханова О.В. Динамика органического вещества в почве при сельскохозяйственном использовании черноземов. // Мат. н.-пр. конф. «Земледелие в XXI веке. Проблемы и пути их решения». Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2001. С. 206–210.
21. Вернадский В.И. Биосфера. М.: Мысль, 1967. 232 с.
22. Лошаков В.Г. Зеленое удобрение в земледелии России / Под ред. В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2015. 300 с.
23. Довбан К.И. Зеленое удобрение в современном земледелии. Вопросы теории и практики. Минск: Белорусская наука, 2009. 404 с.
24. Берзин А.М. Зеленое удобрение в Средней Сибири. Красноярск, 2002. 395 с.
25. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны. М.: Россельхозиздат, 1980. 126 с.

26. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры как фактор интенсификации земледелия и окультуривания дерново-подзолистых почв. Докт. дисс. М.: ТСХА, 1982. 406 с.
27. Путин В.В. Выступление на заседании генеральной Ассамблеи ООН, сентябрь 2015 г. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>
28. Лошаков В.Г. Пожнивные культуры в условиях Московской области и плодородие дерново-подзолистой почвы. Автореф. канд. дисс. М.: ТСХА, 1965. 16 с.
29. Постников Д.А., Лошаков В.Г., Темирбекова С. Миров М.С., Курило А.А. Сравнительная экологическая оценка традиционных и перспективных сидеральных культур в условиях Московской области // Достижения науки и техники АПК. № 8. 2014. С. 39-43
30. Алексеев Е.К. Зеленое удобрение в нечерноземной полосе. М.: Сельхозгиз, 1959. 278 с.
31. Новиков М.Н., Тужилин В.М., Самохина О.А., Лисятников И.И., Комаров В.И. Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне./Под ред. А.И.Еськова. – Владимир: ВНИПТИОУ, 2004. 260 с.
32. Бабичев А.Н., Бакалай Г.Т., Монастырский В.А. Накопление питательных веществ в почве при возделывании картофеля летней посадки после сидеральных культур // Плодородие, 2015. №5. С. 37–39.
33. Kalinitchenko V.P. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability / Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress Of Pesticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Cosponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.
34. Kalinitchenko V.P. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities / Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015.
35. Valery I. Glazko, Tatiana T. Glazko. Conflicts of Biosphere and Agroecosystems // International Journal of Environmental Problems. 2015. Vol. (1). Is. 1. pp. 4–16. DOI: 10.13187/ijep.2015.1.4
36. Лошаков В.Г. Научно-теоретические основы зерновой специализации севооборотов // Изв. ТСХА, 2006. Вып. 4. С. 3–22.
37. Ряховская Н.И., Шалагина Н.М., Гайнатулина В.В., Аргунеева Н.Ю. Влияние сидерата и органоминеральных удобрений на плодородие почвы и урожайность культур севооборота в условиях Камчатского края // Плодородие. 2015. №5. С. 48–50.
38. Титова В.И., Дабахова Е.В., Титова Е.О., Макаров Д.Ю., Цыгуткин А.С. Эффективность использования микробиологического препарата под белый люпин, выращиваемый на не удобренном фоне // Плодородие. 2015. №5. С. 55–57.
39. Loschakov V.G. Einfluss der langj?hrigen Stoppelfruchtgr?n- und Strohd?ngung auf die Fruchtbarkeit von Rasenpodsolb?den und den Kornerertrag. Archiv f?r Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde. 2002. Vol. 48. N. 6. pp. 593–602.
40. Постников П.А. Агроэкологический мониторинг при применении зеленых удобрений // Плодородие. 2014. №1. С. 42–43.
41. Глушков В.В. Пожнивные сидеральные культуры и продуктивность ярового ячменя // Плодородие. 2013. №4. С. 39–40.
42. Огородников Л.П., Постников П.А. Оценка севооборотов в полевых и лизимитрических исследованиях. // Плодородие. 2015. №5. С. 39–41.
43. Шпаар Д., Лошаков В.Г., Постников А.Н. и др. Возобновляемое растительное сырье / Под ред. Д. Шпаара. С-Петербург – Пушкин, 2006. Кн. 1. 416 с. Кн. 2. 382 с.
44. Шпаар Д., Лошаков В.Г., Пыльнев В. В. и др. Рапс и сурепица. Выращивание, уборка, использование / Под ред. Шпаара. М.: Изд. ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2007. 320 с.
45. Яговенко Л.Л., Яговенко Г.Л. Гумусное состояние почвы в севооборотах с люпином // Плодородие. 2007. №5. С. 17–18.
46. Сычев В.Г., Лошаков В.Г., Мерзлая Г.Е. Романенков В.А. Воспроизводство плодородия почвы при зерновой специализации земледелия в Центральном районе Нечерноземной зоны (научно-практические рекомендации). М.: ВНИИА, 2012. 48 с.

**References:**

1. Timiryazev K.A. Fav. cit., vols.1-4. M.: OGIZ-Selkhozgiz, 1948. P. 20.
2. Pryanichnikov D.N. Selected works in 3 volumes. M.: Selkhozgiz, 1965.
3. Ecological problems of modern agricultural landscapes // Ecology and Culture: from the past to the future. Yaroslavl-Borok, Institute of Biology of Inland Waters named after I.D. Papanin RAS, 2013. pp. 13–19.
4. Popov S.Ja., Dorogkina L.A., Kalinin V.A. The basics ja chemical plant protection /Ed. S.Ja. Popov M.: Art-LionJu, 2003. 208 p.
5. Bazdyrev G.I., Loshakov V.G., Rassadin A.Y., Safonov A.F., Tulikov A.M. Agriculture / Ed. G.I. Bazdyrev. M.: INFRA-M, 2013. 608 p.
6. Zhuchenko A.A. Adaptive crop (ecological and genetic basis), theory and practice. T. 1-3. M.: Agrorus. 2008. 814 p. 2009. 1098 p.
7. Chulkina V.A., Toropova E.Ju., Streltsov G.JA. The integrated plant protection: systems and technologies./Ed. M.S. Sokolov and V.A. Chulkina. M.: Kolos, 2009. 670 p.
8. Zacharenko V.A. Phitosanitari monitoring of agro-ecosystems and its scientific and methodological support in Russia // Methodological support for monitoring of agricultural. M.: Dokuchaev Soil Inst. 2010. pp. 124–138.
9. Report academy situation of industrial markets www: akpr.ru
10. Agriculture on rubezhe XXI century. M.: MSHA, 2003. 372 p.
11. State (national) report on the status and use of land in the Russian Federation in 2014. M.: MERRF, 2015. 224 p.
12. Kashtanov A.N. Agriculture. Selected works. M.: Rosselhozacademy. 2008. 685 p.
13. Kochetov I.S. Agrolandshafthe agriculture and soil erosion in the Central Non-Black Earth. M.: Koloc, 1999. 222 p.
14. Loshakov V.G. Crop rotation and soil fertility/Ed. V.G. Sychev. M.: VNIIA, 2012. 512 p.
15. Sychev V.G., Efremov E.N. Program concept agrochemical activeties until 2020 // Innovative solutions to control soil fertility of agricultural lands. M.: VNIIA, 2011. 30 p.
16. Chekmarjov P.A., Lukin S.V. Monitoring of soil fertility of arable central Black-Earth of Russia // Agrochemie, 2013. № 4. pp. 11–22.
17. Wilhelm R. Neuere Erkenntnisse zur Phosphataufnahme von Pflanzen // Archives of Agronomy and Soil Science, February 2006. 52 (1). pp. 1–17.
18. Mjorzlaja G.E., Derzhavin L.M., Zavalin A.A., Loshakov V.G., Vaulina G.I., Kozlova A.V., Jakovleva T.A. Recommendations jn the efficient use of straw and green manure in agriculture./ Ed. VG Sychev. M.: VNIIA 2012. 44 p.
19. Lykov AM., Eskov AI, Novikov MN. The organic of arable soils Nechernozemie.M.: RASHN, 2004. 730 p.
20. Volodin V.M., Masjutenko N.P., Veljuhanova O.V. The dynamics of organic matter in the soil under agricultural use topsoil. // Proceedings of the conference “Agriculture in the 21 st century. Problems and sjunions”. Kursk: ВНИИЗиЗПЭ, 2001. pp. 206–210.
21. Vernadskij V.I. Biosphere M.: Misl, 1967. 232 p.
22. Loshakov V.G. Green manure in agriculture in Russia /Ed. V.G. Sychev. M.: VNIIAA, 2015. 300 p.
23. Dovban K.I. Green manure in modern agriculture. Theory and Practice. Minsk: Belarusian Science, 2009. 404 p.
24. Berzin A.M. Green manure in Central Sibirie. Krasnojarsk, 2002. 395 p
25. Loshakov V.G. Intermediate crops in rotacion Njnchernozem region. M.: Rosselchosizdat, 1980. 126 p.
26. Loshakov V.G. Intermediate culture as a factor in the intensification of agriculture and cultivation of sod-podzolic soils. Dokt. habil diss. M.: TSHA, 1982. 406 p.
27. Putin V.V. Speech at the UN General Assembly, September 2015. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>.
28. Loshakov V.G. Stubble culture in the Moscow region and the fertility of sod-podzolic soil. Avtoref. diss.r. sh. n. M.: TSHA, 1965. 16 p.
29. Postnikov D.A. Comparative evaluation of traditional agroecological and promising green manure crops in the conditions of the Moscow oblast / Postnikov DA, Temirbekova S.K., Loshakov

V.G., Norov M.S., Kurilo A.A. // Successes of scientific and technological agriculture. 2014. №8. pp. 39–43.

30. Alekseev E.K. Green manure in Nonchernozem zone . M.: Selkhozgiz, 1959. 278 p.

31. Novikov M.N., Tuzhilin V.M., Samohina O.A., Lisjatnikov P.I., Komarov V.I. Biologization of agriculture in the Nonchernozem zone. Vladimir: VNIPTIOU, 2004. 260 p.

32. Babichev A.N., Bakalaj G.T., Monastirskij V.A. The accumulation of nutrients in the soil in the cultivation of potatoes year after planting green manure crops. // Plodorodie, 2015. №5. pp. 37–39.

33. Kalinitchenko V.P. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability / Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress Of Pesticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Cosponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P 37.

34. Kalinitchenko V.P. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities / Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015.

35. Valery I. Glazko, Tatiana T. Glazko. Conflicts of Biosphere and Agroecosystems // International Journal of Environmental Problems. 2015. Vol. (1). Is. 1. pp. 4–16. DOI: 10.13187/ijep.2015.1.4

36. Loshakov V.G. Scientific-theoretical foundations of the grain crop rotations specialization // Math. TAA. 2006. Vol. 4. pp. 3–22.

37. Rjachovskaja N.I., Schalagina N.M., Gajnatulina V.V., Arguneeva N.Ju. Effect of green manure and organic fertilizers on soil fertility and crop yields crop rotation in the conditions of the Kamchatka region. // Plodorodie. 2015. №5. pp. 48–50.

38. Titova V.I., Dabachova E.V., Titova E.O., Makarov D.Ju., Zigutkin A.S. The efficiency of microbial drug under white lupins grown on unfertilized background. // Plodorodie. 2015. №5. pp. 55–57.

39. Loschakov V.G. Einfluss der langjährigen Stoppelfruchtgrün- und Strohdüngung auf die Fruchtbarkeit von Rasenpodsolböden und den Kornerertrag. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 2002. Vol. 48. N.6. pp. 593–602.

40. Postnikov P.A. Agroecological monitoring the application of green fertilizers. // Plodorodie. 2014. № 1. pp. 42–43.

41. Glushkov V.V. Green manure crops and crop productivity of spring barley. // Plodorodie. 2013. №4. pp. 39–40.

42. Ogorodnikov L.P., Postnikov P.A. Evaluation in field crop rotations and lysimeter studies. // Plodorodie. 2015. №5. pp. 39–41.

43. Shpaar D., Loshakov V.G., Postnikov P.A. et al. Renewable vegetable raw materials. / Ed. D. Shpaar – S-Peterburg –Pushkin, 2006. B. 1. 416 p. B.2. 382 p.

44. Shpaar D., Loshakov V.G., Pilnev V.V. et al. Raps and rape. Growing, harvesting, use. / Ed. D. Shpaar. M.: OOO «DLV AGRODELO», 2007. 320 p.

45. Jagovenko L.L., Jagovenko G.L. Humus condition of the soil in crop rotation with lupine. // Plodorodie. 2007. №5. pp. 17–18.

46. Sychev V.G., Loshakov V.G., Mjorzlaja G.E., Romanenkov V.A. The reproduction of soil fertility in the specialization of grain farming in the central region of non-chernozem zone (scientific and practical recommendations ). M.: VNIIA, 2012. 48 p.

## **Сидерация как фактор биологизации земледелия и природоподобных агротехнологий**

Владимир Григорьевич Лошаков

ВНИИ агрохимии им. Д.Н.Прянишникова, Российская Федерация  
Доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник  
E-mail:LVG36@yandex.ru

**Аннотация.** В статье дается анализ развития мирового и российского земледелия, раскрыты проблемы экологии агроландшафтов, роль зеленых растений в развитии биосферы, формировании почвы и основного показателя ее плодородия – гумуса. Показана теневая сторона техногенных технологий, которые стали причиной мировых экологических проблем. Теоретически и экспериментально обоснована необходимость дальнейшего развития земледелия на основе биологизированных природоподобных агротехнологий, одной из которых является сидерация – зеленое удобрение.

На основе собственных многолетних оригинальных исследований, а также результатов исследований многих научных учреждений в нашей стране и за рубежом, изложена перспективная технология использования зеленого удобрения применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям. Показана высокая агротехническая, агроэкологическая, энергосберегающая и экономическая эффективность сидерации в занятых парах и при пожнивных посевах сидератов в сочетании с соломой на фоне минеральных удобрений. Оптимальный синтез биологических природоподобных и техногенных средств воспроизводства плодородия почвы обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур и получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Это определяет биогеосистемотехническое значение сидерации в экологически безопасном земледелии, дает возможность преодолеть противоречие между развитием современных агроэкосистем и биосферой, привлечь через земледелие в биосферу Земли дополнительную энергию, создать дополнительное биологическое вещество.

**Ключевые слова:** биосфера, сидерация, гумус, занятый пар, промежуточные культуры, пожнивные культуры, гумус, экологически значимая агротехника.