

ВСЕРОССИЙСКИЙ НИИ ФИТОПАТОЛОГИИ ФАНО РФ
Отдел гербологии

ОТЧЕТ
по теме 0598-2015-0010 на 2016 год

МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ

Большие Вязёмы, 2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

**Руководитель и отв. исполнитель,
научный консультант, д.б.н.**

М.С.Соколов
(Общее руководство, выполнение
отдельных этапов, аналитические
исследования, подготовка публикаций и
отчёта)

Отв. исполнитель

д.с.-х.н. А.П. Глинушкин
(аналитические исследования,
подготовка публикаций)

Исполнитель

д.б.н. Е.Ю. Торопова
(аналитические исследования,
подготовка публикаций)

Исполнитель

д.б.н. А.М. Семёнов
(аналитические исследования,
подготовка публикаций)

Исполнитель

д.б.н. Ю.Я. Спиридонов
(аналитические исследования,
подготовка публикаций)

Исполнитель

к.б.н. М.Г. Жариков
(микробиологические исследования)

Исполнитель

Г.С. Босак
(оформление выходной продукции)

Введение

Плодородная и здоровая почва – уникальная продукционная, средообразующая и биоресурсная экосистема биосферы Земли. По современным представлениям **здоровье почвы**, наряду с её плодородием, является важнейшей *функциональной биологической категорией*, обеспечивающей: а) биологическую трансформацию органического вещества почвы и метаболизм биофильных элементов, б) биотическое самоочищение почвы от поллютантов и патогенов.

Во второй половине XX века мировая научная общественность всерьёз озаботилась *ухудшением состояния здоровья почв наземных экосистем*. Эта важнейшая (наряду с плодородием) качественная характеристика почвы впервые предложена и разработана американскими почвоведом в 90-х гг. прошлого века [1]. Характеристика здоровья почвы как *биологической системы* рассматривается **нами** как важнейший почвенный атрибут. Это вызвано критическим состоянием значительной части почвенных ресурсов, их необратимой порчей или разрушением в большинстве стран мира, включая Россию. Основные причины разрушения почв агроценозов и урбаносферы – их физико-химическая и биологическая деградация, загрязнение и отчуждение. Как следствие возникает новая составляющая деградации почв – их *патология*. В течение многих десятилетий процесс деградации почв в России существенно превосходит и темпы самоочищения, и масштабы их ремедиации.

Больные почвы возникают в следствии такими неконтролируемых процессов, как эрозия, локальное переувлажнение, засоление, дегумификация, захламление отходами производства и продуктами потребления сообщества, заселение паразитной, токсикогенной и фитопатогенной биотой, загрязнение канцерогенными поллютантами и суперэкоксикантами. Так, остатки пестицидов загрязняют растительную продукцию, почву и сопряженные среды. Под их действием из агроценозов элиминируется полезная, *супрессивная биота*, а вредная, напротив, заселяет освободившиеся экологические ниши.

По данным ФАО, мировые площади деградированных и больных (кондуктивных) почв превысили 1,2 млрд. га и составляют ~22% мировых агрогодий. Прямые потери от *почвоутомления* (токсикоза почв), в том числе и из-за остатков стойких гербицидов, оцениваются в ~25% потерь мирового урожая. Инфицированная патогенными микроорганизмами почва агроценозов и селитебных территорий несёт реальную угрозу здоровью человека и домашних

животных. Широкое распространение *кондуктивных почв*, в частности, их заселение *возбудителями корневых гнилей* превратилось в мировую проблему. На территории России эти фитопатогены практически повсеместно (до 82%) заселили почву агроценозов зерновых злаковых культур. Возбудители корневых гнилей злаков сохраняют свою жизнеспособность в почве более 5 лет, *склеротиниоза* и *фомопсиса* подсолнечника – 6–7 лет. Эффективность удобрений и пестицидов (?) на больных почвах резко снижается.

Наименование этапа:

1. Методологическое обоснование инновационной биологической категории «здоровье почвы» – средообразующего биологического атрибута наземно-почвенной экосистемы (отв. исполнители Соколов М.С., Торопова Е.Ю., Спиридонов Ю.Я., Семёнов А.М., Глинушкин А.П.)

Задача 1.1. Обобщение и анализ публикаций зарубежных и отечественных авторов; обсуждение основных положений и выводов на научных форумах. Выступая на форуме в Париже в 2015 г. (назначенному Генеральной Ассамблеей ООН *Международным годом почв*), Генеральный директор ФАО подчеркнул важную роль, которую играет здоровая почва в решении проблемы мировой продовольственной безопасности. Здоровая, плодородная почва – основной природный ресурс производства продуктов питания населения Земли.

В девяти главах нашей монографии (Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю. **Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве.** 2016) [2], адресованной сотрудникам аграрных, медицинских и биологических НИУ, профессорско-преподавательскому составу университетов, магистрантам и аспирантам НИУ и вузов, работникам агрохимической службы, специалистам по защите растений, рассматриваются: полифункциональная роль почвы в биосфере и жизни человека, концепция здоровья почвы, экологические, фитосанитарные и санитарно-гигиенические критерии мониторинга почв агроценозов, системные мероприятия по оздоровлению почв *in situ*, особенности подготовки молодых научных кадров и роль здоровой почвы в поэтапном решении глобальной социально-экологической проблемы.

Важнейшая почвенная характеристика — **здоровье почвы (soil health)** определяется нами как *«функциональная биологическая категория, отражающая состояние динамики активности биотического компонента в*

органоминеральном комплексе почвы; эта категория характеризуется адекватной природно - климатической зоне активностью биотических процессов (синтеза и гидролиза), их устойчивостью к нарушающим воздействиям (биотическим и абиотическим стрессорам), замкнутостью циклов биофильных элементов и микроорганизмов» [2].

Полифункциональная роль почвы в биосфере и жизни человека

Здоровая почва (в противоположность **больной** — *деградированной, антропогенно нарушенной, инфицированной, загрязнённой*) выступает в биосфере: а) как постоянно действующий фактор её устойчивого функционирования, обеспечивающий биологическую продуктивность природных и антропогенных биогеоценозов, разнообразие и эволюцию её биоты; б) как аккумулятор энергии и биофильных элементов, стабильно обеспечивающий потенциальную биопродуктивность наземных экосистем, их непрерывное функционирование в качестве глобального источника (и резервуара) биофильных элементов и разнообразной биоты; в) как связующее звено биологического и геологического круговоротов веществ и энергии; г) как уникальная *средообразующая, средозащитная и оздоравливающая биосистема*. Эти функции здоровой почвы обеспечиваются непрерывно происходящими в ней *биологическими, физико-химическими и информационными процессами*. В агро- и урбаносфере именно они обеспечивают *экологическое благополучие* сопряжённых с почвой сред. Здоровье почвы, в конечном счёте, определяет здоровье и качество жизни самого человека.

Экологические, фитосанитарные и гигиенические показатели

мониторинга почв агроценозов как базис для управления их здоровьем

Принятые для почвы нормативы поллютантов и вредных биоагентов – это официальные **количественные фактологические критерии** здоровья почвы **агросистемы**. Они нормируют максимальное допустимое содержание в ней вредной биоты, природных и ксенобиотических загрязняющих веществ, обеспечивая тем самым дифференцированный подход к оценке фитосанитарного и эколого-гигиенического состояния почв агро- и социосферы.

Количественные функциональные параметры здоровья почвы характеризуют *интенсивность важнейших биогеохимических процессов*. В их числе: а) трансформация и деструкция органического вещества, б) потенциальная способность почвы к самоочищению от *вредных биологических и химических*

агентов. Региональный *агроэкологический мониторинг* состояния здоровья почвы, учитывающий её биотический и вещественный состав посредством научно обоснованных *функциональных параметров и фактологических критериев* позволяет: а) объективно оценивать экологический статус, санитарную и экологическую безопасность почвы, а также её бонитет, б) масштабы потенциальных потерь и/или снижение качества урожая, произведённого на антропогенно нарушенной почве.

Первоочередные негативные объекты для *агроэкологического мониторинга* почв агроценозов – это *почвенные, или корне-клубневые фитопатогены*. В процессе эволюции они приобрели признаки *K-* и *K-r-* стратегов, формируют покоящиеся структуры, длительно сохраняющиеся жизнеспособность в почве. В ходе фитомониторинга предлагается регулярно оценивать здоровье почвы по таким показателям, как: а) *плотность пропагул* наиболее вредоносных фитопатогенов, б) *загрязнённость* и *фитотоксичность*, в) *гетеротрофная активность*, г) *способность* почвы к *самоочищению*.

Выявление **условно-патогенных и патогенных микроорганизмов** современными ускоренными, молекулярно-биологическими методами (в сочетании с автоматизацией этих исследований) существенно повышает эффективность работы контролирующих и производственных микробиологических лабораторий. Методы определения таксономического состава и плотности патогенных микроорганизмов без выделения и культивирования в чистых культурах, обеспечивают более оперативную и корректную идентификацию их видового, фенотипического и расового состава. Эти методы исследования геобионтов осуществимы пока лишь с использованием прецизионного оборудования, приборов и устройств, серийно производимых за рубежом.

Методология оценки здоровья почв сельскохозяйственных угодий позволяет более объективно, на количественной основе характеризовать их средообразующие и средозащитные функции, разрабатывать оперативные прогнозы динамики качества почвенных ресурсов, рекомендовать наиболее эффективные и экономически приемлемые мероприятия по профилактике деградации и по оздоровлению больных почв. Для фиторемедиации нарушенных почв весьма актуален масштабный поиск и скрининг быстрорастущих растений — гипераккумуляторов поллютантов, их применение с их последующем удалением за пределы агроценоза. Обязательное условие предотвращения заболевания населения, хронических потерь урожая и принятия оперативных управленческих

решений по оптимизации гигиенической и фитосанитарной ситуации – обеспечение землепользователей научно-обоснованными гигиеническими нормативами и региональными ЭПВ фитопатогенов, фитофагов и сорняков. Для этого следует снабдить землепользователей доступными и воспроизводимыми методами определения **фактологических критериев здоровья почвы**, а также минимумом предикторов, необходимых для фитосанитарного прогнозирования [2-4].

Приоритетно первые исследования коллектива *Сибирской научной школы* в области *фитосанитарии* продемонстрировали возможность оперативного и эффективного контроля почвенных фитопатогенов посредством системного применения комплекса целевых агротехнологических мероприятий. Высокая эффективность апробированной стратегии подтверждена стабильным получением рентабельной, нормативно чистой агропродукции, и поддержанием почвы агроценозов в здоровом, продуктивном, самодостаточном состоянии.

Системные исследования по созданию здоровых почв, подготовка высококвалифицированных кадров.

Международный опыт создания здоровых почв в системах *органического сельского хозяйства* представляет несомненный интерес для исследователей и землепользователей. Хотя *органические технологии* из-за повышенной трудоемкости и *увеличения ручного труда* оправданы пока на небольших площадях, их отдельные элементы перспективно использовать в беспестицидных агротехнологиях: на территориях рекреационных и водоохраных зон, при производстве высокоценных семян, продуктов лечебного, детского питания и лекарственного сырья.

Для профессиональной специализации будущих *экологов-почвоведов* и *учёных агрономов* изучение феномена здоровья почвы должно быть организовано в рамках университетского курса основ «*Экологического почвоведения*», бакалавриата и магистратуры по профилю «Защита растений». Молодые высококвалифицированные кадры, научные коллективы региональных агроуниверситетов должны активнее участвовать в решении актуальнейшей фундаментально-прикладной проблемы – гигиенического и фитосанитарного мониторинга агроэкосистем (с целью поддержания и сбережения здоровья почвы), а также в научно-практическом обосновании рекомендаций по *оздоровлению больных почв*.

Вывод. В период цивилизационной коэволюции биосферы, социо- и техносферы в *ноосферу* задача поэтапной минимизация негативных последствий *глобальной социально-экологической проблемы* становится необходимой и неизбежной. Императивный вектор этого объективного процесса – *непрерывное существенное улучшение качества жизни и благосостояния наших граждан*. При этом в полной мере должна реализоваться и важнейшая социально-экологическая функция здоровой почвы – её **средообразующая и средозащитная роль как основа существования человека, сохранения и воспроизводства наземно-почвенной биоты**. Только в процессе ноосферного природопользования в полной мере смогут реализоваться уникальнейшие функции плодородной и здоровой почвы: **биосферные** (литосферные, гидросферные, атмосферные), **фитопродукционные** (плодородие, продуктивность) и **экологические** (средообразующие, средозащитные, биоресурсные).

Задача 1.2. Концептуальное обоснование выбора базовых показателей для количественной оценки здоровья почвы.

Основой концепции выбора базовых показателей для *количественной оценки здоровья почвы* служит парадигма о том, что **природная почва изначально здорова** (исключая почву аномальных провинций и/или нарушенную вследствие природных катаклизмов). **Здоровая почва** агроэкосистем и селитебных территорий — это атрибут здоровой *агросферы* и *социосферы*. Здоровье почвы агроэкосистем должно **количественно оцениваться по важнейшим, биологически значимым показателям**: а) характеристикам функциональной активности почвенной биосистемы, б) лимитам химических и биоагентов, опасных для биоты [2, 4].

Концепция здоровья почвы

Здоровье почвы – это функциональная биологическая категория органических соединений и биофильных элементов, самоочищением от вредных для биоты веществ и чужеродных биоагентов [3].

Состояние *здоровья почвы (soil health)* в основном определяется **структурой и функциями геобионтов**. Применительно к *природной почве* их активность существенным образом связана с *флористическим разнообразием* наземно-почвенной экосистемы, величины и качества перманентно поступающих в почву фитомассы, метаболитов и экссудатов растений. В почвах **агроценозов** важным фактором **функционирования геобионтов**, его **предикторами** выступают

различные удобрения, агрохимикаты и регуляторы роста растений, которые могут неоднозначно влиять на педоценоз. В здоровой почве гетеротрофные геобионты непрерывно осуществляют *биогеохимический процесс деструкции и минерализации продукции автотрофов*. **Гетеротрофный параметр** [3], наряду с *супрессирующей* и *само очищающей* функциями почвы – один из важнейших *функциональных показателей*, характеризующих состояние почвенного здоровья и эффективность ремедиационных мероприятий по оздоровлению больной почвы.

Здоровая ненарушенная почва способна неопределённо долго функционировать в качестве компонента *наземно-почвенной экосистемы*, поддерживать оптимальную биопродуктивность фитоценоза, качество воды и воздуха, воспроизводить аборигенные геобионты, обеспечивать здоровье растений, животных и человека. Здоровая почва *агроценозов* и *социосферы* характеризуется еще и соответствием своего вещественного и биотического состава **нормативным показателям вредности**, а почва агроценозов – адекватным (своему местоположению) **потенциальным плодородием**.

Применительно к различным почвенно-географическим агрорегионам эталоны здоровых почв – это *генетически подобные*, незагрязненные и неинфицированные **референтные почвы заказников, целинных или залежных угодий**. По показателям здоровья изначально должны обследоваться и аттестоваться почвы **водоохранных территорий, детских, учебных и оздоровительных учреждений**, хозяйств-производителей особо ценных **семян, лекарственного сырья**, продукции для изготовления **лечебно-профилактического, детского питания** и, конечно же, почвы угодий, используемые для производства **органической продукции**. Здоровые супрессивные почвы, обладают способностью биоконтролировать плотность популяций вредных организмов ниже **биологических, гигиенических и/или экономических порогов вредоносности**. Обоснование подобных порогов (применительно к конкретным агрорегионам и селитебным территориям) – актуальнейшая задача фитосанитарии и медицинской гигиены [2, 6].

Вывод. Здоровая почва агроценозов должна соответствовать эталону, который по своему генезису, биогеохимическим и экологическим показателям, оценивается специалистами, как нормативно здоровая. Это *нормативно чистая почва*, не содержащая сверх допустимых лимитов (гигиенических, фитосанитарных, экологических) *вредные биоагенты, ксенобиотические* и

природные поллютанты. Управление здоровьем почв агроценозов и урбаносферы предусматривает **количественную**, предпочтительно **инструментальную оценку** показателей её здоровья в соответствии с **функциональными параметрами** и **фактологическими критериями.** Нарушение показателей здоровья почвы свидетельствует о снижении её *компенсаторных, средообразующих и продукционных функций.*

2. Выбор эталонного и опытного участков для регистрации показателей здоровья почвы *in situ* (отв. исполнители Спиридонов Ю.Я., Жариков М.Г., Соколов М.С.)

На полевой базе ВНИИФ для проведения рекогносцировочных опытов по оценке показателей здоровья почвы обследовали два участка: *залежный* (эталонный, содержащийся под паром) и *полевой* (в течение 15 лет ежегодно обрабатываемый водным раствором раундапа, 3 л/га). Почва опытных участков – *дерново-подзолистая, среднегумусированная* (гумус 2,5-2,8%), *слабокислая* pH=5,2-5,8 (водной вытяжки), *среднеобеспеченная* доступным фосфором и калием, с пониженной ёмкостью катионного обмена (10-15 мг-экв./100 г) .

Результаты обследования **опытного участка на фоне многолетнего систематического применения раундапа** свидетельствуют о ежегодном доминировании *малолетнего типа засорения.* Достоверное увеличение численности и массы сорняков в процессе их сукцессии отмечено у двух видов: **горошка мышиного** (многолетник) и **горца вьюнкового** (малолетник). В отличие от опытного, **эталонный участок** ежегодно покрывается растительностью в основном за счет высококовредоносных **многолетних сорняков**, которые (в сравнении с эталоном) в 1,5÷2,5 раза превалировали по фитомассе. Преобладали *пырей ползучий, мать-и-мачеха, осот полевой, чистец болотный, щавель малый, лютик ползучий.*

Влияние раундапа (3.0 л/га) на сапротрофную микробиоту оценивали в полевых образцах почвы, взятых в разные сроки с горизонта 0–15 см. В условиях вегетационного сезона 2014 г., как и в предыдущие годы, существенных различий в содержании сапротрофной микробиоты в эталоне и опыте не обнаружено. Эксперимент 2014 г. повторил результаты предыдущих лет. Определяемая (в течение вегетационного периода) общая микробная численность дерново-подзолистой почвы в обоих вариантах опыта оставалась на высоком уровне. В расчёте на абсолютно сухую почву её численность составила в контроле 23÷47

млн. КОЕ/г, в опыте 29÷50 млн. КОЕ/г. В отличие от прошлых лет погодные условия сезона 2014 г. оказали некоторое влияние на состав микробиоты. В её структуре увеличилась численность некоторых бактерий (родов *Rhodococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*), уменьшилась доля плесневых микромицетов (*Aspergillus*, *Penicillium*) и актиномицетов.

Вывод. Эталонный и опытный участки Опытного поля ВНИИФ могут быть использованы в опытах *in situ* для оценки зависимости здоровья почвы от исследуемых факторов. Итоговые материалы обследования земельной территории включены в публикации [7, 8].

3. Методические указания по определению «общей супрессирующей активности» – функционального параметра здоровья почвы (отв. исполнители Торопова Е.Ю., Соколов М.С., Глинушкин А.П.).

Супрессивность почвы – это совокупность биологических, физико-химических и агрохимических её свойств, ограничивающих выживаемость и паразитическую активность фитопатогенов и других вредных фитофагов. В числе механизмов супрессивности, преобладают *биологические факторы* – антагонизм, антибиоз, конкуренция, паразитизм, хищничество. Однако в ряде случаев существенную роль в этом *неблагоприятном* для фитопатогенов факторе играют и *абиотические* (физико-химические) *почвенные показатели* – рН, содержание гумуса, органических и азотистых соединений, дефицит или избыток некоторых биофильных элементов и др. Разработка объективных методов оценки супрессивности почвы имеет важное значение для фитосанитарии, санитарной и ветеринарной гигиены. Корректные способы оценки супрессивности позволяют не только оценить качество почвы, её способность к самоочищению от фитопатогенов и патогенов, но и обосновать и разработать специальные мероприятия по её оздоровлению, обеспечить биобезопасность продуктов урожая и оптимальную реализацию продуктивного потенциала почвы.

До недавнего времени оценка супрессивности почвы (применительно к фитопатогенным микромицетам) осуществлялась косвенно, посредством определения численности почвенных антагонистов – бактерий, грибов, актиномицетов. Это позволяло характеризовать только биотическую (микробиологическую) супрессивность [2, 4, 6]. Известны способы почвенных пластинок, агаровых блоков, а также почвенных разведений, позволяющие

определить численность различных антагонистов фитопатогенов. Эти методы трудоемки и длительны в исполнении (не менее 7 сут.), что не приемлемо для массовых производственных анализов. Однако самое главное – методы оценки биотической супрессивности недостаточно корректны, поскольку не характеризуют **общую** (биогеохимическую) **супрессивность почвы**, обусловленную, помимо биоты, также её химическими и физическими свойствами [2, 4, 6, 8].

Методика определения общей супрессивности почвы по коэффициенту паразитической активности возбудителя. Показатель супрессивности почвы – это плотность популяции в виде инфекционных структур фитопатогена (экз./г почвы), обеспечивающая заражение растений. Степень инфицирования тест-растений характеризуется двумя показателями: **1) зараженностью их подземных органов тест-растений фитопатогенными видами** (например, р. *Fusarium*, *B. sorokiniana*), выявляемой на твердых питательных средах; **2) индексом развития болезни (ИРБ, %)**. В практическом отношении второй показатель более надежен, поскольку позволяет увязать супрессивность почвы с сезонной и многолетней динамикой эпифитотического процесса. Этот показатель отражает также оптимизирующее действие отдельных приемов агротехнологий.

Для характеристики степени супрессивности почв предложен показатель в виде **коэффициента паразитической активности возбудителя** (КПВ) Это отношение *индекса развития болезни* (ИРБ) к плотности популяции инфекционных структур возбудителя. КПВ демонстрирует, какая пораженность растения индуцируется одной инфекционной единицей фитопатогена. КПВ рассчитывают по формуле:

$$\text{КПВ} = \text{ИРБ}/r,$$

где КПВ – в относительных единицах, ИРБ – в %, *r* – плотность инфекционных структур возбудителя, экз./г почвы. **Определение супрессивности почв** проводили в полевых условиях. Оценивали развитие болезни и численность возбудителя (в расчете на воздушно-сухую почву). По этим показателям, пользуясь приведенной выше формулой, рассчитывали показатели КПВ и **КСА — коэффициент супрессирующей активности** ($\text{КСА} = 1 / \text{КПВ}$).

КПВ широко апробирован на разных типах почв Западно-Сибирского региона – черноземах южном, южном солонцеватом, обыкновенном и выщелоченном, на

лугово-черноземной и серой лесной почвах, а также в полевых севооборотах при разных агротехнологиях.

Для почв Западной Сибири, используемых под зерновые культуры и пораженных обыкновенной корневой гнилью (*B. sorokiniana*), по степени супрессивности приняты следующую классификацию: **абсолютно супрессивные почвы** (КПВ = 0), **высокосупрессивные** (КПВ = 0.1–0.2, КСА = 5–10), **среднесупрессивные** или **толерантные** (КПВ = 0.3–0.9, КСА = 1.1–3), **кондуктивные** (КПВ \geq 1.0, КСА \leq 1.0).

При КПВ \geq 0.2 и КСА \leq 5 обязательны мероприятия по повышению почвенной супрессивности (ее индукции). Они включают: введение фитосанитарных предшественников, посев сидератов, систематическое внесение органических удобрений, сбалансированно-избирательное применение минеральных удобрений, адаптивную обработку почвы, применение биопрепаратов [5].

Методика определения общей супрессивности почвы по ограничению роста фитопатогенов. Предложенный метод позволяет ускоренно (в течение 3-х сут.) оценить общую супрессивность почвы по подавлению ею роста фитопатогенных грибов [5]. **Способ включает** агаризацию почвенного образца, размещение на поверхности агара блоков чистой культуры тест-объекта, последующую оценку степени подавления роста колоний фитопатогенных тест-объектов ингредиентами почвы (в сравнении с контрольной агаризованной средой без почвы). Далее по предлагаемой эмпирической формуле рассчитывается показатель КСА (общей супрессивности почвы, в %). Предложенный метод универсален, его можно использовать для оценки потенциальной вредоносности любых фитопатогенных микромицетов. Супрессивность оценивается от 100% – *абсолютная супрессивность*, до 0% – *абсолютно кондуктивная почва*.

Основные преимущества предлагаемой методики:

1. **Универсальность** – можно использовать для любых почв и почвенных микромицетов, независимо от типа их спороношения (либо его отсутствия);
2. **Комплексность** – интегрально оцениваются биотическая и абиотическая (биогеохимическая) супрессивность почвы;
3. **Доступность** – исполнителю достаточно обладать только элементарными навыками работы в микробиологической лаборатории;
4. **Экспрессность** – учет производится на 3-и сут., после посева, что особенно важно при проведении массовых экспресс-анализов почвы;

5. Простота интерпретации результатов – выраженный в % показатель супрессивности легко сравнивать для разных фитопатосистем и типов почвы.

Методику апробировали в течение 3-х лет более чем на 200 почвенных образцах. Полученные данные продемонстрировали хорошее сходство результатов с другими методами оценки почвенной супрессивности [6].

Вывод. Супрессирующая *биогеохимическая* активность почв (природных и окультуренных) – важный функциональный параметр, характеризующий состояние почвенного здоровья. Супрессивные почвы обеспечивают подавление инокулюма болезнетворных микроорганизмов, что обеспечивает расселение микробов-антагонистов – естественных конкурентов фитопатогенов и патогенов. Отдельным видам почвы изначально присущи уникальные, до конца еще не раскрытые физико-химические и агрохимическим характеристики, обеспечивающие супрессирующую активность. При повышении биогенности почвы роль конкурентной микрофлоры в подавлении фитопатогенов увеличивается, что противодействует инфицированию растений-хозяев фитопатогенными микроорганизмами.

4. Реализация заявки на грант РФФИ на проведение Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (отв. исполнители Ю.Я. Спиридонов, М.С. Соколов, Г.С. Босак)

Название проекта (№16-04-20358 Г): организация и проведение Международной конференции **«Современные проблемы гербологии и оздоровления почв»** с элементами научной школы для молодых ученых, аспирантов и студентов (21-23 июня 2016 г., Большие Вяземы Московской области) — руководитель Ю.Я. Спиридонов, зам. руководителя М.С. Соколов. Краткий отчет о проведении конференции опубликован [8] (см. ниже).

В июне 2016 г. состоялась Международная научно-практическая конференция **«Современные проблемы гербологии и оздоровления почв»**, посвященная 85-летию со дня рождения Д.И. Чканикова. В конференции приняли участие (включая интернет-докладчиков) 78 научных работников и специалистов из 6 федеральных округов России – представители 36 НИУ, вузов, компаний-производителей пестицидов, а также ученые Белоруссии, Украины, Казахстана и Венгрии. К открытию конференции ее оргкомитетом издан сборник материалов (384 стр.), включающий 57 научных, научно-производственных, методологических и методических работ 167 авторов. Последовательно работали две секции: *по*

проблемам гербологии (отв. Ю. Я. Спиридонов) и *по оздоровлению почв* (отв. М. С. Соколов).

Как было отмечено участниками, за последние годы преимущественно в России и некоторых странах ближнего зарубежья возникла **многоукладная экономика** с частной собственностью на землю. При недостаточной поддержке со стороны государства эта экономика не обеспечивает развитие высокотехнологичного, рентабельного земледелия и повсеместную оптимизацию фитосанитарного состояния агроценозов. Посевы большинства экономически значимых сельскохозяйственных культур засорены высоковредоносными сорняками. Зачастую высокоэффективные гербициды используются не эффективно, без интеграции с нехимическими методами подавления сорной растительности.

Несмотря на 30%-ный рост урожайности, на остающихся после выхода из состава используемой пашни бросовых землях дореформенный уровень производства продукции растениеводства в России пока не достигнут. При недостатке материально-технических ресурсов, удобрений, средств защиты растений пахотные угодья теряют эффективное плодородие, зарастают сорными растениями, вследствие чего продуктивность агроэкосистем продолжает падать. Для успешного решения проблемы борьбы с многовидовыми ценозами сорняков в посевах зерновых и других культур, а также для уничтожения трудно искореняемых сорняков перспективно создание гербицидных препаратов на основе многокомпонентных смесей их действующих веществ, взятых в синергетических соотношениях. Подобные смеси высокоэффективны при сниженных (до 20–5 л/га) нормах расхода рабочей жидкости. Как многократно отмечено на страницах журнала, использование повышенных норм ее расхода ничем не оправдано, снижает эффективность, производительность химзащитных работ, а также удорожает их.

При смене традиционных агротехнологий (замена вспашки системой «Notill») акцент в борьбе с сорняками целиком переносится на химическую прополку. При этом рациональное применение гербицидов предполагает их точное внесение, отсутствие остаточного фитотоксического последствия, рассеивание паров и аэрозолей гербицидов на смежные посевы. Зачастую из-за плохо отмытой агротехники после химической прополки посевы чувствительных культур серьезно повреждаются, что недопустимо. В докладах особо подчеркивалось, что **по уровню отрицательного последствия** на чувствительные культуры (сахарную

свеклу, подсолнечник, картофель, рапс, гречиху, кукурузу, сою и др.) ведущее место занимают гербициды на основе производных сульфонилмочевины. По остаточному фитотоксическому последствию они располагаются в следующем порядке: просульфурон > хлорсульфурон ≥ метсульфурон-метил ≥ амидосульфурон ≥ имазапир > триасульфурон ≥ микосульфурон > имазамокс > римсульфурон ≥ трибенурон-метил > трифенсульфурон.

Участники совещания отметили актуальность исследований в области мегапроектов (в перспективе – федеральных целевых программ – ФЦП) таких как: 1 – «Радикальное улучшение и оздоровление качества почв России», 2 – «Биогеосистемотехника как инновационный метод управления продуктивностью и здоровьем почвы». 3 – сорбционная ремедиация загрязненных почв, 4 – монодисперсные техногенные аэрозоли пестицидов, 5 – органическое земледелие. С интересом был встречен доклад по технологии получения ценных органических удобрений из промышленных отходов. Успешное решение Россией задач по импортозамещению важнейших продуктов питания требует разработку и принятие ФЦП (включающих комплексное развитие агропроизводства с интегрированными системами защиты растений), наличие конкурентного рынка агрохимикатов, а также надежное обеспечение сельских товаропроизводителей пестицидами и прежде всего – гербицидами.

Участники конференции постановили:

1. В 3-х месячный срок доработать, обсудить, утвердить на Ученых советах НИУ и выслать в адрес Оргкомитета конференции рекомендательные предложения по рациональному (эффективному и безопасному, с учетом региональных особенностей) применению перспективных гербицидов, нехимических средств борьбы с сорной растительностью и способам оздоровления почв агроценозов от остатков персистентных загрязняющих веществ;

2. На основе полученных разработок поручить Оргкомитету конференции совместно с МСХ РФ подготовить «Рекомендации по способам борьбы с сорной растительностью, рациональному применению гербицидов и оздоровлению почв», просить МСХ РФ рассмотреть на НТС и издать эти рекомендации в качестве действующего руководства по борьбе с сорной растительностью в посевах экономически значимых сельскохозяйственных культур и оздоровлению загрязненных почв;

3. Прделанную Оргкомитетом работу по подготовке и проведению Конференции оценить положительно.

5. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Здоровая почва в природе, агро- и социосфере (в противоположность аномальной, деградированной, антропогенно нарушенной, загрязнённой, больной) является полифункциональной экосистемой, постоянно осуществляющей свою уникальную *продукционную* и *средообразующую* роль. В агросфере и урбаносфере именно ей присущи непрерывно происходящие биологические, биохимические, физико-химические и информационные процессы. Эти биогеохимические процессы обеспечивают *экологичность биопродукции* и *экоресурсов*, а в конечном счёте определяют *достойное качество жизни человека*.

Здоровая почва, обладая *экологической устойчивостью*, противодействует негативному влиянию на человека и полезную биоту абиотических и биотических стрессоров. Здоровье почвы обеспечивает ее *безвредность* для человека, геобионтов и наземной биоты, *незагрязненность* производимой биопродукции и сопряженных сред, *предохраняет* эти среды от инфицирования, повреждения и/или уничтожения патогенами, фитофагами, конкурентами. Здоровая почва стабильно обеспечивает потенциальную биопродуктивность наземных экосистем, их функционирование в качестве глобального источника (и резервуара) биофильных элементов и разнообразной биоты.

Управление состоянием здоровья почвы во многом обеспечивается регулированием структуры и функций геобионтов. Биоценотические и биогеохимические характеристики биогеоценоза и/или агроценоза непосредственно или косвенно зависят от их *флористического разнообразия*, величины и качества перманентно поступающей в почву фитомассы, метаболитов и экссудатов растений, а также от особенностей региональных агротехнологий. Поэтому для оценки и анализа состояния здоровья почвы предложены научно обоснованные показатели — **фактологические критерии и функциональные параметры**. Их оптимальные значения обеспечивают активность геобионтов, а также наибольшую продуктивность автотрофов — продуцентов урожая. Полагаем, что использование *фактологических критериев* и *функциональных параметров* здоровья почвы при *бонитировке земель* агроугодий упорядочит процессы их *купли-продажи* вследствие **более объективной оценки их реальной стоимости**.

Радикальное изменение отношения землепользователя к почве, системные и непрерывно реализуемые мероприятия по поддержанию и/или оптимизации её здоровья позволят существенно ускорить решение *глобальной социально-экологической проблемы*. Подобное ускорение может быть реально обеспечено посредством: а) минимизации загрязнения почвы и других компонентов экосферы, б) более экономным использованием невозобновимых источников энергии при проведении агротехнологических мероприятий, в) рационального потребления землепользователем потенциально возобновимых природных ресурсов, г) системного управления жизненно важными продукционными и средообразующими функциями почвы, д) сохранения и поддержания в активном состоянии её биологического разнообразия и генофонда.

По итогам выполнения темы 0598-2015-0010 исполнителями опубликованы: 1 монография, 1 сборник «Материалов Международной научно-практической конференции» и 9 статей (из них 4 - в рецензируемых журналах).

Материалы исследований по теме доложены (опубликованы, либо принятые к опубликованию) на:

- 1) заседании Президиума РАН, Москва, 12.01.2016 [10],
- 2) Международной научно-практической конференции. ВНИИФ.23.06.2016 [4,9],
- 3) научно-производственной конференции памяти А.А. Жученко. ВНИИК. 23.09.2016 [4,9].

Цитируемые источники, выходная продукция (*) по теме 0598-2015-0010:

1. **Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M.A.** Soil health and sustanbility // Adv. Agronomy. 1996. V. 56. P. 1-54.
2. ***Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю.** Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве. – М.: Издательство Агрорус». 2016. 288 с.
3. ***Семёнов А.М., Семёнова Е.В.** **Способ определения параметра здоровья у образцов почвы, компостов и других твёрдых субстратов /** В кн.: «Современные проблемы гербологии и оздоровления почв». Материалы Международной научно-практической конференции. 21–23 июня 2016 года. Большие Вязёмы. ВНИИФ. 2016. С. 291-298.
4. ***Соколов М.С.** Концептуальное обоснование и актуальность исследований по программе «Радикальное улучшение качества и оздоровления почв России» / **М.С. Соколов, А.П. Глинушкин, Ю.Я. Спиридонов /** В кн.: Современные проблемы гербологии и оздоровления почв // Материалы

- Международной научно-практической конференции. Большие Вязёмы. РАН. 2016. С. 304-315.
5. ***Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Казакова О.А., Соколов М.С., Глинушкин А.П.** Методические указания по определению супрессирующей активности почвы / Там же. С. 342-362.
 6. ***Торопова Е.Ю., Соколов М.С., Глинушкин А.П.** Индукция супрессивности почвы – важнейший фактор лимитирования вредоносности корневых инфекций // *Агрохимия*. 2016. № 8. С. 44-55.
 7. ***Спиридонов Ю.Я., Соколов М.С., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А. Жариков М.Г.** Опыт многолетнего систематического применения раундапа ВР в центральном регионе Нечерноземья // *Агрохимия*. 2016. № 10. С. 61-70.
 8. ***Спиридонов Ю.Я.** Сукцессия сорных растений при многолетнем применении глифосата / *Спиридонов Ю.Я., М.С. Соколов, П.Л. Протасова, В.А. Абубикеров, М.Г. Жариков.* Сукцессия сорных растений при многолетнем применении глифосата / В кн.: *Современные проблемы гербологии и оздоровления почв. Материалы Международной научно-практической конференции. Большие Вязёмы. РАН. 2016. С. 179-187.*
 9. **Торопова Е. Ю., Кириченко А.А.** Способ определения супрессивности почвы. Пат. RU2568913.
 10. ***Соколов М.С., Спиридонов Ю.Я.** Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы гербологии и оздоровления почв», посвящённая 85-летию со дня рождения Д. И. Чканикова (21–23 июня 2016 г., ВНИИ фитопатологии) // *Агрохимия*. 2016. № 12. С. 92-93.
 11. ***Соколов М.С.** Производство трансгенных инсектицидных растений: состояние, проблемы, экологический риск для геобионтов / **М.С. Соколов, А.И. Марченко, Ю.Я. Спиридонов** / В кн.: «Современные проблемы гербологии и оздоровления почв». Материалы Международной научно-практической конференции. 21–23 июня 2016 года. Большие Вязёмы. ВНИИФ. 2016. С. 315-329.
 12. **Соколов М.С., Марченко А.И., Спиридонов Ю.Я.** Особенности воздействия Bt-ГМР и Сгу-белков на геобионты (в печати)