

Биологическая категория «здоровье почвы»: **новые концептуальные подходы**

М.С.Соколов

Решение **Глобальной Социально-Экологической Проблемы (ГСЭП)**, декларированной РИО-92 и последующими международными форумами (РИО-92+10, РИО-92+20), является чрезвычайно актуальным. Её *триединая* суть – **а) исчерпание невозобновимых ресурсов, б) техногенное загрязнение возобновимых ресурсов, в) сокращение биоразнообразия.**

Почва – это возобновимый природный ресурс. По данным ФАО, **почвоутомление** или **токсикоз почв** (в т.ч. из-за остатков *стойких гербицидов!*) охватывает **1250 млн га мировых агрогодий**. Это основная причина потерь ~25 % мировой агропродукции. Эта общемировая проблема в РФ явно недооценивается: из 384 докладов, представленных на 3-й Всероссийский съезд по защите растений (2013), исследованию почвенных объектов было посвящено лишь ~**10 %!**

1. Функции здоровой почвы

Здоровая, плодородная почва – уникальная *продукционная, средообразующая и биоресурсная* глобальная экосистема

*) Выступление на заседании «Круглого стола», ВНИИ фитопатологии, 07.09.2015

биосферы. Текущий 2015 год назначен Генеральной Ассамблеей ООН *Международным годом почв*. Выступая на форуме в Париже (апрель с.г.) по проблеме мировой продовольственной безопасности, Генеральный директор ФАО подчеркнул важную роль, которую играет здоровая почва в решении продовольственной проблемы.

Впервые термин «**здоровье почвы**» использовали члены Американского общества почвоведов (**Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M.A.**) в публикации Soil health and sustainability (Adv. Agronomy. **1996**. V. 56. P. 1–54). Однако гораздо раньше наш учитель В.А. Ковда в 1989 г. опубликовал фундаментальную работу «*Патология почв и охрана биосферы планеты*» (Препринт, **1989**; Сб. научн. тр. “Пространственно-временная организация и функционирование почв”. Пущино: АН СССР, НЦБИ, **1990**. С. 8–43). Здесь он, в частности, писал: «...**острота проблемы патологии почв заключается не только в снижении плодородия почв и в уменьшении урожаев продовольствия и сырья. Опаснее и страшнее другое: деградация и патология почв влечет за собой патологические явления в здоровье, развитии и физиологии человека, и даже в его умственной деятельности и психике**».

В 90-е годы в сфере «здоровье почвы» (ЗП) начал свои исследования творческий коллектив кафедры микробиологии МГУ, возглавляемый присутствующим здесь профессором

Александром Михайловичем Семёновым. Крайне важно, что эти исследования проводятся кооперативно с американскими коллегами (д-р Ван Бругген и др.). Две совместные публикации (на русском и английском языках) здесь представлены.

Работая в нулевые годы в Центре токсикологии с БТ-токсинами ГМР (Bt-кукурузой) мы с удивлением обнаружили, что в США и ЕС согласованные критерии оценки их действия на почву отсутствуют. Научный выбор таких показателей и их экспериментальная проверка привели нас к необходимости более детально заняться обоснованием и изучением функций ЗП.

Я попытаюсь акцентировать ваше внимание на важности оптимизации характеристик **здоровой почвы** – неотъемлемой среды существования человека. В центре обсуждения – **средообразующие, оздоровительные и самоочищающие** функции почвенной экосистемы. Эти функции почвы обеспечиваются непрерывно происходящими в ней *биологическими, биохимическими, физико-химическими и информационными (сигнальными) процессами*. В агросфере и социосфере именно здоровая почва обеспечивает *экологичность био- и агропродукции*, а также, что крайне важно (!), *здоровье сопряжённых сред*. Очевидно, что состояние ЗП, в конечном счете, **определяет качество жизни и самого человека**.

2. Концепция здоровья почвы

Здоровье почвы – это функциональная биологическая категория почвенной экосистемы, характеризующаяся **метаболизмом** и **катаболизмом** соединений биофильных элементов, включая её **самоочищение** от вредных (для биоты) веществ и чужеродных геобионтов.

Состояние ЗП в основном определяется *структурой* и *функциями* её геобионтов. Эти показатели существенно зависят от: а) *флористического разнообразия* наземной экосистемы (агроценоза), б) величины и качества перманентно поступающей в почву *фитомассы* и *экссудатов растений*. Поэтому завершающая биогеохимическая роль гетеротрофов почвы в деструкции и минерализации продукции автотрофов – это один из важнейших параметров здоровья почвы. Его, в первую очередь, следует учитывать при оценке состояния почв **агросферы** и **социосферы**, а также при ремедиации больных почв.

Здоровая почва способна неопределённо долго функционировать в качестве компонента *наземно-почвенной экосистемы*, поддерживать качество воды, воздуха и продуктивность *геобионтов* (продуцирование гумуса!), обеспечивать **здоровье растений, животных и человека**. Здоровая почва *агроценозов* и *социосферы* характеризуется еще и соответствием своего *вещественного* и *биотического* состава законодательно установленным **нормативным показателям** «вредности». Здоровая почва агроценозов по уровню

потенциального плодородия должна соответствовать своему зональному местоположению.

В различных почвенно-географических регионах страны для мониторинговых исследований актуально выделять (в составе природных экосистем и агроэкосистем) **эталонно-заказники** с изначально здоровой почвой. По **параметрам** и **критериям** ЗП должны, в первую очередь, обследоваться и оцениваться почвы:

а) территорий детских, учебных и оздоровительных учреждений,

б) водоохраных территорий,

в) хозяйств по выращиванию сырья для производства продукции лечебно-профилактического и детского питания, а также лекарственного сырья.

Бонитировка почвы земельных угодий, учитывающая показатели ЗП, будет обязательно востребована практикой. Она сыграет важную роль в процессах купли-продажи земли, обеспечивая её более объективную стоимостную оценку.

Создание здоровых почв агроценозов предусматривает снижение плотности популяций вредных организмов ниже **биологических и/или экономических порогов вредоносности**, а поллютантов – **до уровня ПДК**. Обоснование подобных порогов **и нормативов** – актуальнейшая задача современной фитосанитарии, **будущего Национального Центра по защите растений**. Другая важнейшей задача – управление ЗП

агроценозов и их *ремедиация* (лечение) – предполагает обязательное количественное диагностирование ЗП.

3. Критерии мониторинга почв агроценозов и социосферы как базис для управления их здоровьем

Мы предлагаем характеризовать ЗП минимальным числом показателей, относящихся к *двум группам*.

Во-первых, это **фактологические критерии** ЗП – государственные и/или международно согласованные для почвы ПДК (или ОДК) всевозможных *поллютантов* и *вредных биоагентов*. Они лимитируют содержание в здоровой почве вредной биоты, природных и ксенобиотических загрязняющих веществ. При этом обеспечивается дифференцированный подход к оценке фитосанитарного, санитарно-гигиенического и экологического состояния почв агроценозов, социосферы, а также природных угодий.

Во-вторых, это **функциональные параметры** ЗП, количественно оценивающие её важнейшие биогеохимические процессы:

а) **катаболизм** органического вещества, **метаболизм** азота, других биофильных элементов,

б) потенциальную **способность к самоочищению**, обеспечиваемую *деструкторами* поллютантов, микробными *супрессорами* чужеродных геобионтов и почвенно-поглощающим комплексом.

Региональный агроэкологический мониторинг состояния ЗП позволит на основе предложенных показателей объективно оценивать и прогнозировать:

а) санитарную, экологическую и фитосанитарную **безопасность почвы,**

б) масштабы потенциальных потерь и снижение качества урожая, произведённого на загрязненной и/или заселённой вредной биотой почве.

Почва селитебных территорий и агроценозов – это уникальное **депо** и **аккумулятор**, обеспечивающий длительное сохранение в жизнеспособном состоянии фитопатогенных и патогенных микроорганизмов. Длительность их сохранения определяется *самоочищающей способностью почвы* – её совокупными биологическими, физико-химическими и **супрессивными** свойствами.

Первоочередные объекты *фитосанитарного мониторинга* почв агроценозов – это *почвенные фитопатогены*, относящиеся к группе почвенных, или корне-клубневых вредных организмов. В процессе эволюции они приобрели признаки К- и Кг-стратегов. **Эти фитопатогены формируют покоящиеся жизнеспособные структуры, сохраняющиеся в почве благодаря фунгистазису** от 2-3 до 15-20 и даже до 100 лет (!) – *Vas. antracis*.

Ещё раз подчеркнём, что в ходе **фитосанитарного мониторинга** следует регулярно оценивать ЗП по следующим **наиболее значимым показателям**, таким как:

- а) численность пропагул наиболее вредоносных фитопатогенов,
- б) фитотоксичность почвы,
- в) гетеротрофная активность,
- г) метаболизм азота, других биофилов,
- д) способность к самоочищению (от поллютантов и чужеродных биоагентов).

Системное применение комплекса специальных **агротехнических мероприятий** (по принципу дополнительности), разработанных и апробированных исследователями *Сибирской научной школы по защите растений (Чулкина В.А., Торопова Е.Ю.)*, позволяет оперативно элиминировать почвенные фитопатогены из агроценозов зерновых злаков (**яровые пшеница, ячмень**). Предложенная стратегия и соответствующие агротехнологии обеспечивает стабильно-рентабельное производство экологичной агропродукции, поддержание здоровья и актуального плодородия почв агроценозов. Сказанное экспериментально подтверждено многолетним получением в хозяйствах западносибирского региона рентабельной и экологичной агропродукции.

Присутствие в почве селитебных территорий санитарно-показательных микроорганизмов и/или превышение их допустимой численности – следствие избыточной, чужеродной инфекционной нагрузки, превышающей самоочищающую способность почвы. Наличие патогенов в испражнениях домашних животных или в приготовленных на их основе местных **органических удобрениях** свидетельствуют о реальной опасности заражения человека (и теплокровных животных), о

потенциальной угрозе инфицирования сопряженных с почвой сред.

Как показал многолетний опыт зарубежных коллег, выявление **условно-патогенных** и **патогенных микроорганизмов** современными *ускоренными* и *молекулярно-биологическими методами* (петрифильмы, ПЦР, системы молекулярного детектирования патогенных бактерий, биолюминесценция и др. в сочетании с *автоматизацией* этих исследований) существенно повышает эффективность работы контролирующих, производственных и научно-исследовательских микробиологических лабораторий.

Использование *ускоренных методов* выявления целевых микроорганизмов в различных продуктах и объектах в Центре гигиены и эпидемиологии Санэпиднадзора (Москва), в производственных микробиологических лабораториях контроля качества пищевого сырья и продовольственной продукции, на станциях водоподготовки (г. Уфа) дало обнадеживающие результаты. С сожалением приходится констатировать, что пока эти инновационные методы базируются на использовании зарубежных приборов и комплектующих.

4. Системные мероприятия по оздоровлению больных почв, особенности подготовки молодых научных кадров

Международный многолетний опыт создания здоровых почв **в системах органического сельского хозяйства** представляет несомненный интерес и для исследователей, и для

землепользователей. (Здесь необходимо поменьше скепсиса, побольше научного любопытства!). Действительно, эти технологии оправданы пока на небольших площадях – в фермерских, крестьянских и личных подсобных хозяйствах. В то же время, отдельные технологические элементы органического земледелия перспективно использовать в **беспестицидных технологиях растениеводства**: на селекционных и семеноводческих посевах, на территориях рекреационных и водоохраных зон, при производстве продуктов лечебного, детского питания и лекарственного сырья.

Для профессиональной специализации будущих *почвоведов-экологов, учёных-агрономов* изучение феномена ЗП должно быть организовано в рамках университетских курсов по профилю «Защита растений» и «*Экологическое почвоведение*». Только в этом случае молодые научные кадры зональных учреждений будут результативно участвовать в решении актуальнейшей фундаментально-прикладной проблемы – агроэкологического мониторинга и оздоровления больных почв.

5. Мегапроект «Радикальное улучшение качества и оздоровление почв России»

В период цивилизационной коэволюции биосферы, социо- и техносферы в *ноосферу* поэтапная минимизация негативных последствий *глобальной социально-экологической проблемы* становится неизбежной. Императивный вектор этого объективного процесса – **а) существенное, непрерывное улучшение**

качества жизни и благосостояния граждан, б) экологические императивы. При этом наиболее оптимально реализуется и важнейшая социально-экологическая функция здоровой почвы – её **средообразующая роль:** основа существования человека, наземной и почвенной биоты.

Предлагаемый тематический Мегапроект **«Радикальное улучшение качества и оздоровление почв России»** обсуждался экспертами на разных формах и опубликован [Агро XXI. 2009. №№ 4-6]. Предложенные для изучения 22 научные темы интересны как в общенаучном, так и в региональном плане. Их выполнение в будущем – это реальный вклад в минимизацию негативных последствий **глобальной социально-экологической проблемы,** в решение фундаментальных, региональных и практических задач по обеспечению статуса здоровой почвы, переходу к **ноосферному природопользованию.** Именно оно позволит в полной мере реализовать уникальнейшие функции плодородной и здоровой почвы: биосферные (литосферные, гидросферные, атмосферные), фитопродукционные (плодородие, продуктивность) и экологические (средообразующие, биоресурсные).

Вместо заключения

1. Сегодня уже некорректно оценивать **качество почвы** только по критериям её **плодородия,** с позиций получения от почвы **максимальной продуктивности и прибыли.**

2. Глубоко ошибочно, как это было в 90-х годы при внедрении так называемых «интенсивных технологий», полностью игнорировать биотический блок почвы, определяющий **средообразующие функции почвенной экосистемы – её здоровье.**

Литература

1. **Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве (рукопись)**

2. **Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю.** Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // *Агрехимия*. 2015. № 8. С. 81-92.

3. **Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M.A.** Soil health and sustainability // *Adv. Agronomy*. 1996. V. 56. P. 1–54.

4. Plant diseases and their management in organic agriculture. Ed. By M.R. Finckh et al. Amer. Phytopathological Societe. 2015. 414 pp.

Мегапроект «**Радикальное улучшение качества и оздоровления почв России**»

1. Диагностика почвенного здоровья как составляющая экологического мониторинга, функциональные почвенные процессы и аборигенные тест-организмы как маркеры (индикаторы) здоровой почвы.

2. Феномен самоочищающей способности почвы как фундаментальная основа для разработки ее ремедиационных мероприятий.

3. Геохимическая роль гетеротрофной микрофлоры (свободноживущей, ассоциативной, ризобияльной, арбускулярной и проч.) в самоочищении почвы от загрязняющих веществ.

4. Научно обоснованные экологические (фитосанитарные) и гигиенические (санитарные) нормативы вредных веществ (и биоагентов) для почвы; нормативные показатели, биологические и экономические пороги вредоносности почвообитающих фитопатогенов.

5. Гармонизация показателей качества и здоровья почвы с современными международными критериями и стандартами.

6. Нормативно-методическая и классификационная база для картирования почв по их супрессивной активности и самоочищающей способности, научно обоснованный выбор эталонов-заказников со здоровой почвой.

7. Биоэкологические, биогеохимические и почвенно-агрохимические механизмы почвенной супрессивности.

8. Супрессивное, фитотоксическое, рострегулирующее действие экссудатов культурных и сорных растений.

9. Теоретические предпосылки и пути совершенствования углесорбционной нейтрализации загрязненных почв.

10. Здоровая почва как генетический банк нуклеиновых кислот и природная среда для реализации естественного трансгенеза.

11. Математические модели и экологические прогнозы эффективности и рентабельности региональных систем оздоровления почвы.

12. Детальная региональная инвентаризация и картирование почв по состоянию их здоровья.

13. Полифункциональные биопрепараты для защиты растений и повышения их урожая, эффективные на загрязненных почвах.

14. Технологии и регламенты конверсии сельскохозяйственных и бытовых отходов в экологичные продукты – почвоудобрительные препараты, регуляторы роста растений, биогумус и др.

15. Токсикологическая оценка и санитарно-эпидемиологическая экспертиза новых экологичных биопрепаратов, регуляторов роста растений и агрохимикатов.

16. Технологии масштабирования и наработки в условиях регионального биотехнологического производства высокоэффективных полифункциональных биопрепаратов для биоремедиации деградированных почв.

17. Приёмы индуцирования почвенной супрессивности как радикальный метод оздоровления почв, заселенных возбудителями корневых гнилей экономически значимых сельскохозяйственных культур.

18. Технологии возделывания на почвах ксеноценозов культур-гипераккумуляторов поллютантов и хозяйственно-полезных культур-исключателей.

19. Технологии реабилитации и оздоровления почв, освобождаемых от отходов – жизнедеятельности, муниципальных, промышленных, рудных месторождений, лесо- и сельскохозяйственных.

20. Регламенты комплексного оздоровления почвы от поллютантов, обеспечивающие получение экологичной (нормативно чистой) агро- и лесопродукции.

21. Оценка на биобезопасность местных органических удобрений, почвогрунтов, а также почв, предназначенных для производства урожая по технологиям органического земледелия.

22. Научно обоснованные региональные практические рекомендации по *«Технологиям и приемам оздоровление загрязненных и инфицированных почв»*.

Из приведенной программы оздоровления российских почв вытекают следующие задачи по изучению статуса почвенного здоровья.

Фундаментальная задача – всестороннее познание и осмысление феномена здоровья почвы, методологическое обоснование и разработка научно-обоснованных эффективных систем диагностики и управления этой важнейшей биологической категорией почвы.

Практическая задача – изменение традиционного отношения к эксплуатации почвы исключительно как к средству производства, повышение её средообразующих функций посредством радикального улучшения культуры землепользования, его интеллектуализации; неукоснительное соблюдение экологических императивов-запретов в отношении технологических приемов, индуцирующих «утомление» почвы и/или ее загрязнение, обоснование строжайших административных санкций к злостным загрязнителям почвы – юридическим и физическим лицам.

Региональная задача – разработка и апробация *локальных* приёмов, технологий и систем профилактики поддержания почвенного здоровья, мероприятия по оздоровлению деградированных (загрязненных, больных, кондуктивных) почв, адресованные конкретному землепользователю.

В реализации среднесрочных (4-5 лет) исследований по предлагаемому **Мегапроекту** должно быть заинтересовано российское общество в целом, наши законодатели и администраторы всех рангов, а не только ведомства сельского хозяйства и природных ресурсов.