

06.00.00 Agricultural sciences

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

UDC 631.1:631.459(470.61):633.11

Long-term Impact of Rotary Method of Soil Mechanical Treatment on Soil Properties

¹Valeriy P. Kalinichenko

²Vladimir K. Sharshak

³Vladimir E. Zinchenko

⁴Ali A. Zarmaev

⁵Evgeny P. Ladan

⁶Vladimir V. Chernenko

⁷L'udmila P. Il'ina

¹ Institute of Fertility of Soils of South Russia, Russia
346493, Persianovka, Octjabrsky district, Rostov Region

Dr. (Biological), Professor

E-mail: kalinitch@mail.ru

² Don State Agrarian University, Russia

346493, Persianovka, Octjabrsky district, Rostov Region, DSAU

Dr. (Technical), Professor

E-mail: kalinitch@mail.ru

³ Don Scientific Research Institute of Agriculture, Russia

PhD (Agricultural), Associate Professor

346735, Institute st., 1, Rassvet vil. Aksay district, Rostov Region

E-mail: zinchenko_msh@mail.ru

⁴ Chechen State University, Russia

364907, A. Sheripova st., 32, Grozny, Chechen Republic

Dr. (Agricultural), Professor

E-mail: ali5073@mail.ru

⁵ Don State Agrarian University, Russia

346493, Persianovka, Octjabrsky district, Rostov Region, DSAU

PhD (Technical), Ass. Professor

E-mail: Evlad2@mail.ru

⁶ Don State Agrarian University, Russia

346493, Persianovka, Octjabrsky district, Rostov Region, DSAU

PhD (Agricultural), Associate Professor

E-mail: instit03@mail.ru

⁷ Southern Scientific Center of RAS, Russia

PhD (Agricultural), Senior Research Associate

E-mail: Iljina@ssc-ras.ru

Abstract. The imitating approach to the technique and technology of soil cultivation excels the influence of natural factors of soil formation and leads to the anthropogenic biosphere degradation. The article fundamentally justifies the rotary soil cultivation in terms of genesis of soil. This method provides the formation of a new layer in the soil depth, which intensifies the geological and biological processes, influences the overlying soil layers, increases the biological productivity of the soil and stability of its mechanical system for a long term. Technical solutions of rotary devices for soil cultivation are considered and long-term results of their practical application are presented.

Keywords: engineering and technology of soil cultivation; anthropogenic degradation of the biosphere; biological grounds for rotational soil hoeing; rotary hoeing devices.

Введение. Обработка почвы характеризуется еще многими ограничениями на технологический процесс и технику его реализацию. В частности, весьма значим исторический аспект. В течение тысячелетий земледельческой культуры обработка почвы производилась путем технической имитации воздействия на нее природных рыхлителей, например, копыта животного, вывала корня дерева при ветровале и др. подобных воздействий, которые имитируют с целью изменения характера упаковки структурных отдельностей почвы, управления фитоценозом и т.п.

Установлено, что имитационный подход к технике и технологии рыхления почв дает неаддитивные неблагоприятные следствия, поскольку при нынешних технических возможностях воздействие ходовой системы тракторов, орудий и другой сельскохозяйственной техники существенно превосходит воздействие природных факторов почвообразования. В результате происходит техногенная деградация биосферы [1, 2]. Этот процесс нельзя просто наблюдать, поскольку со времени начала голоцена образование новых почв не происходит, более того, идет остепнение ландшафтов, обсыхание почв, что определяет собой опасность существованию цивилизации, которая как на нынешнем ее этапе, так и в отдаленной перспективе несостоятельна в отсутствие почв [1-4].

Обоснование направления исследований. Очевидна необходимость принципиально новых подходов к обработке почвы с учетом ее происхождения как геологического тела с особыми свойствами дисперсности. Задача такого рода при стандартных способах воздействия на почву в агротехнике не только не решается, но даже не ставится. Так, качество обработки почвы принято оценивать не по свойствам дисперсной системы геологического отложения, из которого почва преимущественно состоит, а только по наличию глыб на поверхности почвы [5]. Т.е. по умолчанию предполагается, что дисперсная система почвы незыблема, неограниченно устойчива и не нуждается в модернизации в земледелии. Это принципиальный гносеологический недостаток современного земледелия, обусловленный недооценкой геологического аспекта почвы. Отсутствие надлежащего осмысления почвы как геологического объекта, приводит к тому, что недостатки современных способов обработки не рассматриваются, констатируется лишь деградация почв, причину которой, заключающуюся в неудовлетворительном выборе способе управления дисперсной системой почвы, в земледелии не принимают во внимание.

Одним из принципиально новых способов обработки почвы является ротационное внутрипочвенное рыхление.

Фундаментальное биологическое обоснование этого способа следует из генезиса почв. Первая стадия генезиса почв – стадия геологического выветривания, т.е. первичной денудации геологического материала или геологической проработки осадочных пород. По мере продвижения фронта геологического выветривания в глубь почвы, в случае наличия в геологическом материале минеральных питательных веществ, а часто и органических веществ как продуктов прошлых геологических периодов, воды и солнечной радиации, первичный материал почвы – почвообразующую породу, занимает растительность. Формируется почва, стагнация которой определяется суммой природно-климатических факторов.

Большинство современных почв уже прошли стадию максимума биологической продуктивности. Об этом свидетельствует значительно большая мощность горизонтов почвы, в которых отмечаются следы биологического процесса разного срока протекания, по сравнению с мощностью горизонтов, охваченных текущим биологическим процессом [1, 6].

Наконец, современная агротехника приводит к ускоренному падению потенциальной биологической продуктивности почвы, поскольку, оперируя только с верхним обрабатываемым слоем почвы, обуславливает его рыхлость и преимущественное развитие в нем ризосферы агробиосистем. Наоборот, нижележащие слои, горизонты почвы исключаются из активной биологической фазы и переходят в стадию седиментации органического вещества. Т.е. их биологический потенциал исключается из современного биосферного процесса. Описанная дифференциация почвенного профиля с разграничением его на элювиальную верхнюю часть и расположенную под ней иллювиальную слабо проницаемую для корневой системы растений часть, уже частично имеет место в биосфере, обуславливая неблагоприятную природу, например, широко известных солонцовых почв, обладающих особенно неблагоприятными для агротехники свойствами (рис. 1).

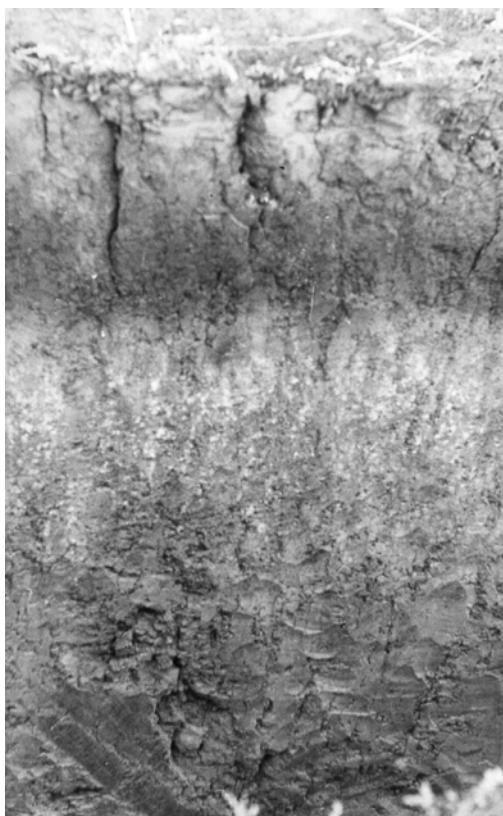


Рис. 1. Профиль солонцовой почвы

Многие почвы, ландшафтные системы в настоящее время не принадлежат к маргинальным, которые нуждаются в немедленном улучшении, прекращении деградации. Однако такая ситуация связана только с действующими критериями потребительских свойств ландшафтов, почв, когда начало деградации системы оценивают по накопленным признакам, свойствам. Усиление техногенной деградации в силу современных технических возможностей аграрных и промышленных систем воздействия на почвенный покров требует отказа от управления почвами по накоплению возмущения и принятия превентивных мер управления такими системами в качестве знакового условия сохранения в целом нестабильного земельного фонда РФ.

Важнейшим обстоятельством генезиса пока, якобы, не нуждающихся в мелиорации почв и ландшафтных систем является усиление признаков их техногенной деградации, поэтому превентивные меры управления такими системами – значимое условие сохранения нестабильного земельного фонда РФ и мира.

Имеющийся задел технических решений не отличается разнообразием. Это отвальные и безотвальные пассивные рыхлители с линейным тяговым приводом от трактора посредством прицепной или навесной системы.

В свое время получили распространение серийные плуги для плантажной механической обработки почвы на глубину 40–50 см ПП-40. По опыту применения ПП-40 был разработан плуг для послойной (ярусной) механической обработки почвы на глубину 0–20 см и перемешивания слоев 40–45 см ПТН-40 [7].

Плуг ПТН-40 устранял крупный недостаток плуга ПП-40, заключавшийся в избыточном извлечении на поверхность почвы глыб почвы из ее глубоких слоев и слабом перемешивании и рыхлении внутренних слоев почвы (рис. 2).

В настоящее время получают распространение зарубежные системы пассивного рыхления почвы, основанные на безотвальном принципе, обеспечивающем некоторую экономию затрат на проведение обработки почвы, отличающихся от своего более раннего прототипа – известной русской разработки – щелереза только названием англоязычного происхождения – чизель (chisel – долото).



Рис. 2. Структура солонцовой каштановой почвы через 30 лет после трехъярусной обработки

Рабочая гипотеза нового способа ротационного внутрипочвенного рыхления состоит в том, чтобы сформировать в глубине почвы слой, в котором усилить остановившийся в результате наступления фазы стагнации почвы как природного тела геологический и биологический процесс. Кроме того, имеется перспектива положительного воздействия сформированного внутри почвы ее нового слоя на вышележащие слои, общую биологическую продуктивность почвы, устойчивость механической системы агропочвы и, следовательно, биосферы.

В 1950–1970-х годах разработан принцип мелиорации почв путем ротационно-фрезерного рыхления мелиорируемого слоя почвы 20–50 см с перемешиванием иллювиального и подсолонцового карбонатного горизонтов солонца «снизу вверх» с учетом реологических свойств деформируемых упруго-пластичных сплошных сред [8-10]. Была решена задача синтеза нового качества почвы при ее агромелиорации, предложена схема технологического процесса, выполнена серия технических решений [11, 12], апробированных в различных регионах распространения солонцов.

В 1971 г. впервые в мире был разработан почвенно-мелиоративный ротационный фрезерный плуг ПМС-70 (рис. 3). Плуг оборудован механическим приводом (1), рыхлящим ножом (2), редукторной стойкой (3), ротационно-фрезерным рыхлителем иллювиального и подсолонцового горизонтов почвы (4), пассивным плужным корпусом для обработки верхнего слоя почвы (5) [9, 10].

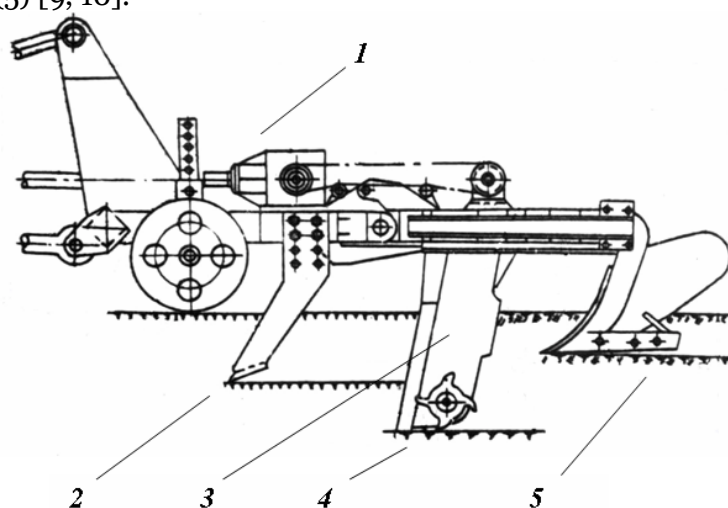


Рис. 3. Устройство для почвенно-мелиоративной ротационной фрезерной обработки почвы ПМС-70, вид сбоку (обозначения в тексте)

Рабочая гипотеза вначале была чисто прагматической – роторное рыхление глубоких слоев почвы, оказывающих наиболее неблагоприятное воздействие на развитие взрослых культурных растений, как альтернатива трехъярусной мелиоративной вспашке солонцовой почвы, которая зарекомендовала себя в процессе апробации в течение 30–40 лет. Трехъярусная мелиоративная вспашка не вполне решала задачу надлежащей реализации технологической схемы обработки почвы с целью трансформации ее элювиально-иллювиального устройства.

Один из почвенно-мелиоративных стационаров роторно-фрезерной обработки почв был заложен в колхозе «Ленинский путь» (ныне СПК «Веселовский») Дубовского р-на Ростовской обл. в 1972 г.

Схема длительного стационарного эксперимента: 1) контроль – отвальная обработка почвы на глубину 20–22 см (стандарт зональной агротехники, рекомендации о ведении агропромышленного производства); 2) трехъярусная обработка почвы на глубину 45 см серийным плугом ПТН-40 (стандарт мелиорации почв [7]); 3) Обработка почвы ротационно-фрезерным плугом ПМС-70 на глубину 45 см [9, 10]. Повторность отборов, измерений, анализов, вариантов в эксперименте 4-кратная.

После однократного выполнения в 1972 г. агромелиорации почвы в вариантах 2, 3 весь опытный участок в течение более чем 30 лет, вплоть до настоящего времени, регулярно обрабатывался согласно зональной агротехнике с отвальной обработкой почвы на глубину 20–22 см.

В ходе исследования изучали (с использованием стандартных методов исследования): морфологические и агрофизические свойства почвы (структурный анализ по Саввинову; плотность почвы буровым методом Качинского); распределение сульфата бария в почве рентгеновским методом; режим влажности почвы (термостатно-весовым методом); химические и физико-химические свойства почвы (анализ водной вытяжки с применением стандартных методик определения катионо-анионного состава, определение рН потенциометрическим методом, карбонатов – по Шейблеру, гумуса – по Тюрину с окончанием по Орлову–Гриндель, состава ППК – по Пфефферу в модификации Молодцова–Игнатовой); урожайность на закрепленных стационарных площадках.

Проводили статистическую обработку экспериментальных данных и определяли экономические показатели возделывания сельскохозяйственных культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологические свойства почвы. Стандартная отвальная обработка, применяемая на самых разных почвах многие столетия, не изменяет ее природные свойства. Сохраняется вертикальная дифференциация горизонтов почвы, измененная механической обработкой лишь в верхнем слое почвы. Переходный к почвообразующей породе горизонт светло-коричневой окраски, наследуемой почвой от лёссовидного суглинка, практически не затронут биологическим процессом.

Теория мелиорации почв предусматривает вовлечение карбонатного горизонта почвы в процесс ее мелиорации. Карбонаты выступают в качестве источника кальция для вытеснения натрия из ППК, неблагоприятно влияющего на свойства почвы, а также формируют механический каркас мелиорированной почвы (табл. 2).

Стандартная мелиоративная трехъярусная обработка почвы плугом ПТН-40 на глубину 40–45 см приводит к тому, что в поверхностный горизонт почвы попадает большое количество карбонатов. Это неблагоприятное следствие стандартной технологии мелиорации. Неблагоприятное перемешивание внутренних горизонтов почвы при трехъярусной обработке солонцовой почвы через 30 лет стационарного эксперимента показано на рис. 3. На снимке представлена почва рассматриваемого варианта опыта, извлеченная из слоя 20–40 см. Видны не разрушенные обработкой блоки иллювиального (1) и подсолонцового горизонта (2) солонца.

Блоки иллювиального горизонта на отдельных участках сохраняются в почве глубже слоя ежегодной обработки 18–20 см практически в неизменном виде даже через 30 лет после применения орудием ПТН-40 и остаются недоступными корням растений. В процессе постмелиоративного почвообразования признаки почвы как природного тела, охваченного биологическим процессом, в этих блоках не возникают. При агромелиоративном

воздействие не происходит принципиального изменения элювиально-иллювиального строения профиля почвы, и его исходные признаки восстанавливаются.

В варианте роторно-фрезерной обработки почвы плугом ПМС-70 на глубину 40–45 см карбонаты практически не поступают на поверхность почвы, равномерно рассредоточиваясь в подлежащем мелиорации слое почв 20–45 см.

Почва становится гомогенной и состоит из мелких однородных по размеру агрегатов на всю глубину обработки. Через 30 лет после проведения обработки почвы в ней отсутствуют морфологические признаки восстановления солонцового педогенеза.

Степень перемешивания горизонтов почвы после роторной обработки изучали методом меток. Для визуализации рентгенограммы до проведения роторной обработки в почву было внесено контрастное вещество – сульфат бария.

Методика блока исследований, посвященного изучению степени перемешивания горизонтов почвы. Снимают полосу надсолонцового и, отдельно, солонцового горизонтов почвы шириной 30–40 см. На вскрытую поверхность подсолонцового слоя насыпают тонкий слой сульфата бария. Затем поочередно возвращают на место с уплотнением до исходного состояния снятые горизонты почвы в надлежащем порядке. Проводят обработку почвы так, чтобы полоса, в которую был внесен сульфата бария, оказалась посередине прохода орудия с целью исключения краевых эффектов. Поперек прохода орудия траншеей вскрывают полосу, в которую был внесен сульфата бария. Из траншеи производят рентгеновскую съемку профиля почвы после ее почвенно-мелиоративной обработки.

Равномерное крошение и перемешивание почвы после обработки орудием ПМС-70 прослеживается по рентгеновским снимкам (рис. 4).

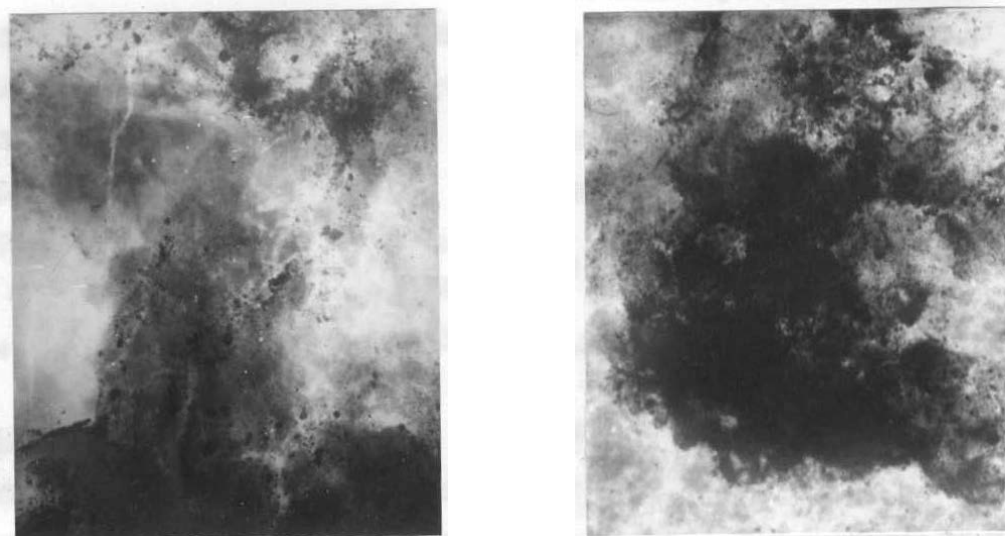


Рис. 4. Рентгенограммы перемешивания слоев почвы при роторной обработке фрезами различного типа (темные точки на рентгенограммах – следы частиц сульфата бария). Слева – 4-зубовая почвенная фреза. Справа – Т-образная почвенная фреза

Агрофизические свойства почвы. Крошение и перемешивание почвы в обрабатываемом слое характеризуют данные агрегатного состава почвы, наибольший интерес представляют именно данные о фракции частиц размером 1–3 мм. Это обусловлено несколькими обстоятельствами. Во-первых, высокое содержание этой фракции в почве после ротационной обработки – следствие особенностей воздействия на почву орудия ПМС-70 и других подобных ему.

Во-вторых, после стандартной трехъярусной обработки почвы образование глыб, как внутри почвы, так и на ее поверхности, является важным почвенно-генетическим моментом, препятствуя формированию почвы с благоприятными агро-мелиоративными свойствами. При обработке почвы орудием ПМС-70 этого не происходит.

Частицы почвы фракции 1–3 мм органично сочетаются с ризосферой, происходит их укрупнение без потери агрономической ценности, проницаемости, доступности корневой системе растений. Существенно лучшие условия долговременного развития почвы

складываются в слое 0–20 см под влиянием нижележащего преобразованного роторной обработкой слоя, это подтверждается улучшением агрегатного состава слоя 0–20 см. Энергетические затраты на проведение механической обработки почвы уменьшаются на 15–25 % за счет снижения степени ее связности.

Плотность почвы в период действия мелиоративной обработки в варианте обработки ПМС-70 была оптимальной для развития растений.

Режим влажности почв, динамика ризосферы, продуктивность агрофитоценоза и биоты почвы, улучшение ее химических свойств способствуют увеличению количества органического вещества в почве. Отмечен прирост количества гумуса.

Химические свойства почвы. Содержание гумуса в нетронутых агротехникой каштановых почвах относительно небольшое и составляет около $3 \pm 0,6$ %, в солонцах – до 3 %. Агротехника приводит к тому, что количество гумуса в верхнем слое 0–20 см составляет 2 % и менее, в слое 20–40 см – $1,2 \pm 0,3$ %.

После обработки ПТН-40 эти показатели в среднем выше: в слое 0–20 см до 2,2 %, в слое 20–40 см до $1,3 \pm 0,3$ %. Эффект от мелиорации сказывается только в верхней части гумусового слоя. Просыпавшийся внутрь почвы при обработке гумусовый материал со временем минерализуется.

После обработки ПМС-70 количество гумуса в слое 20–40 см достигает 3,3 %, в слое 20–40 см – $1,9 \pm 0,5$ %.

Кроме того, искусственные мелкие агрегаты почвы представляют собою комфортный субстрат для развития корневой системы растений и биоты. Уже в первый год действия мелиорации в почве складываются условия, существенно облегчающие переход питательных веществ в доступные формы, ускоряющие обменные реакции в ППК и выщелачивание легкорастворимых солей. Глубокий рыхлый слой почвы имеет агрегаты, соответствующие архитектуре размеру корневой системы степных растений, и способствует тому, что она стабилизирует почвенную систему механически и биологически. В последнем случае имеется в виду свойство корневой системы живых растений и их детрита поддерживать реакцию почвенной среды в диапазоне рН 7,0–7,5, что важно из-за неблагоприятной высокой степени пептизации коллоидов почвы при повышенных значениях рН.

Функционирование новой почвенной экосистемы, миграция содержащихся в ней веществ, в том числе легкорастворимых солей, протекают так, что период ее возврата в регионально обусловленное естественное состояние удлиняется. Устойчивость биогеосистемы в новом качестве можно характеризовать иным масштабом времени динамики свойств, в чем и есть рекреационная сущность предлагаемого варианта биогеосистемотехники. Можно даже констатировать определенное проявление оазисного эффекта – огромные массы воды дольше пребывают в новой экосистеме, чем это было исходно, выступая ландшафтным стабилизатором новых, медленно изменяющихся свойств почв, в том числе химических параметров.

Физико-химические свойства почвы. Агрофизические свойства почвы зависят от постмелиоративной динамики состава поглощенных катионов. В варианте отвальной обработки почвы она складывается неблагоприятно, в составе ППК имеется поглощенный натрий в количестве 19,8 % емкости катионного обмена почвы, показатель за 30 лет практически не изменился.

После трехъярусной обработки почв солонцового комплекса содержание поглощенного Na^+ в солонцах через 30 лет несколько ниже исходного уровня. Через 30 лет после почвенно-мелиоративной ротационно-фрезерной обработки орудием ПМС-70 количество поглощенного Na^+ составляет 10,6 % емкости катионного обмена почвы. Система стабилизируется.

Биометрические параметры агрофитоценоза. В первом варианте эксперимента в результате механической обработки почвы ризосфера развивается только в верхнем слое почвы.

Во втором варианте ризосфера развивается в верхнем слое почвы и, частично, в нижележащем обработанном слое, преимущественно в зонах просыпания рыхлого поверхностного горизонта почвы после ее глубокой механической обработки. Биота рассеяна в почве очагами в локальных зонах комфорта, там, где расположен

просыпавшийся сверху в процессе обработки почвы материал верхнего гумусового слоя. Будучи заземленным и рассредоточенным, этот, по существу, грунт довольно быстро теряет плодородие.

В третьем варианте ризосфера равномерно развивается во всем обработанном слое 40–45 см почвы. Структура корневой системы отличается равномерным распространением по обработанному слою, уменьшается разрушение структуры в циклах увлажнения – высушивания преобладают тонкие корни, ризосфера имеет габитус, более характерный для черноземов [14].

Прибавка урожайности после однократной обработки этим мелиоративным орудием с 1972 по 2009 гг. составляет 25–60 % и более от уровня стандартной технологии земледелия. В табл. 5 приведены данные учета биологической продуктивности растений озимой пшеницы в наиболее показательном с точки зрения прибавки урожайности 2005 г.

Экономические показатели обработки почв представлены на примере 2004–2005 сельскохозяйственного года.

Продолжительность агромелиоративного действия ПТН-40 согласно действовавшим в момент закладки опыта нормативам принята 10 лет [9]. Продолжительность 30 лет агромелиоративного действия ПМС-70 принята согласно данным описанных исследований исследований.

Установлено, что различия между вариантами эксперимента значимы более чем различия почв, на которых эксперименты были заложены. Причем роторная внутрипочвенная обработка сближает уровень продуктивности каштановых и светлокаштановых почв.

Полученные результаты являются обоснованием более удаленного, чем применявшийся до настоящего времени, горизонта почвенного, биологического и экономического прогноза управления биогеосистемами на период 10–15 и более лет.

Полученные результаты позволяют обосновать и применять более удаленный, чем применявшийся до настоящего времени, горизонт почвенного, биологического и экономического прогноза, верифицировать долговременные экономические инновационные решения [3], фундаментально обоснованные с точки зрения почвоведения.

Приведенные выше данные о технологических, биологических и экономических показателях роторных фрезерных почвообрабатывающих устройств прошлого поколения показывают их бесспорные преимущества перед стандартным техническим решением глубокой мелиоративной обработки почвы – трехъярусным плугом ПТН-40.

Отметим, что основной целью разработки роторных фрезерных устройств было изменить способ обработки почвы в целях ее мелиорации. Выяснилось, что преимущество имеет не только собственно полученный способ как реализация рабочей гипотезы мелиоративного процесса. Важнейшее значение имеет длительность полученного в результате обработки почвы роторным фрезерным устройством эффекта, которая, как установлено, значительно продолжительнее, чем у стандартного технического решения.

В указанных обстоятельствах, с учетом новых планов мелиорации, разрабатываемых в России, следует тщательно подходить к выбору технических средств и технологий мелиорации, поскольку при неверном поверхностном подходе к их выбору неизбежны катастрофы типа Аральской трагедии, следствия недооценки изменения биосферы.

Выводы.

1. Имитационный подход к технике и технологии рыхления почв дает неаддитивные неблагоприятные биологические следствия, поскольку при современных технических возможностях воздействие ходовой системы тракторов, орудий и другой сельскохозяйственной техники существенно превосходит воздействие природных факторов почвообразования. В результате происходит техногенная деградация биосферы.

2. Мелиорация почв с применением внутрипочвенной мелиоративной ротационной фрезерной обработки орудием ПМС-70 позволяет корректно и превентивно управлять биогеосистемой, оптимизировать гомеостаз почвы, формирующейся после агромелиорации. Функционирование новой экосистемы протекает так, что период ее возврата в регионально обусловленное состояние удлиняется. Устойчивость биогеосистемы в новом качестве можно характеризовать как высокую. Решена задача управления дисперсностью почвы как субстрата для оптимального развития растений, обеспечивающего продуктивность и

устойчивость биосферы. В свою очередь, это позволяет решить глобальную задачу устойчивости атмосферы Земли, поскольку увеличение ионизации атмосферы Земли в процессе фотосинтеза позволяет стабилизировать магнитосферу Земли.

3. В процессе многолетних исследований на стационарных участках в условиях сухой степи установлено, что улучшение водно-физических, физико-химических и других свойств почв солонцового комплекса после однократного применения почвенно-мелиоративный ротационно-фрезерный обработки орудием ПМС-70 оказывает длительное положительное влияние на свойства мелиорированных почв. Агротехника почв с применением внутрипочвенной мелиоративный ротационной фрезерный обработки орудием ПМС-70 дает возможность получить более высокую урожайность основных полевых культур (на 30–60 %), чем при стандартной и типовой мелиоративной агротехнике.

Примечания:

1. Glazovskaya M.A. Problems and methods of assessment of the ecogeochemical resilience of soils and the soil cover towards technogenic impacts // Eurasian Soil Science. 1999. Т. 32. № 1. С. 99-108.

2. Лисецкий Ф.Н. Агрогенная трансформация почв сухостепной зоны под влиянием античного и современного этапов землепользования // Почвоведение. 2008. №8. С. 913-927.

3. Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Безуглова О.С., Ладан Е.П., Генева Е.Д., Илларионов В.В., Зинченко В.Е., Морковской Н.А., Черненко В.В., Ильина Л.П. Изменение почв солонцового комплекса за 30-летний период после отвальной, трехъярусной и нового приема роторно-фрезерной обработки // Почвоведение. 2011. № 8. с. 1010–1022.

4. Котляков В.М., Тишков А.А. Стратегия устойчивого развития России в начале XXI века: инновационные векторы и место географического прогноза // Инновации. 2009. № 9. С. 74-81.

5. Горячкин В.П. Собрание сочинений. М.: Колос, 1965. Т. 1. 720 с. Т. 2. 459 с. Т. 3. 384 с.

6. Розанов А.Ю. Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы // Палеонтологический журнал. 2003. № 6. С. 41.

7. Гарбузенко В.Л. Плуг для ярусной обработки почвы. RU №98815. Класс 45а, 11. Заявлено 13 августа 1952 №563/448246 в Министерство сельскохозяйственного машиностроения СССР. Опубликовано БИ №8 1954. 3 с.

8. Вакулин А.А., Кириллов В.В., Кобзарев А.И. Обработка солонцов роторным орудием // Докл. ВАСХНИЛ. 1972. №2. С. 41-43.

9. Минкин М.Б., Бабушкин В.М., Садименко П.А. Солонцы юго-востока Ростовской области. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1980. 271 с.

10. Шаршак В.К. Оценка машин и орудий для основной обработки солонцовых почв // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1987. №3. С. 17-19.

11. Протокол ведомственных испытаний фрезы солонцовой ФС-1,3. Министерство сельского хозяйства РСФСР. Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Донской сельскохозяйственный институт. Зерноград, 1977. 14 с.

12. Акт 24-39В...42-89В (9069110-9069114) Государственных сравнительных испытаний солонцовых орудий ПЯС-1.4; ПЯС-4-35; МСП-2; ПС-3-40. Северо-Кавказская государственная машиноиспытательная станция. Зерноград, 1989. 21 с.

13. Миронченко Ф.А., Плетнев В.П. RU №353665. Способ обработки почвы. МПК А01В13/16, А01В79/00. Заявка №1376919. Приоритет от 18 ноября 1969. Опубликовано 1 января 1972. Зарегистрировано 10 июля 1972. 2 с.

14. Минкин М.Б., Горбунов Н.И., Садименко П.А. Актуальные вопросы физической и коллоидной химии почв. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1982. 270 с.

15. Калиниченко В.П. Устройство для ротационного внутрипочвенного рыхления. МПК А01В 33/02 (2006.01) А01В 49/02 (2006.01). Заявка в ФИПС от 25.04.08. Регистрационный №2008118583. Входящий №021536 от 08.05.2008.

16. Rotating cultivator for under-humus soil layer. The international Bureau of WIPO. Geneva. Switzerland. Patent cooperation treaty WO 2005/099427 A1. International application:

PCT RU/2005/000195. Classification of subject matter: A01B 13/08, 13/16, 49/02. International filing date: 15 April 2005 (15.04.2005). International publication date: 27 October 2005 (27.10.2005). Priority date: 2004111564 16 April 2004 (16.04.2004) RU. Applicant: Institut Plodorodiya Pochv Uga Rossii (IPPYUR).

17. Акт проверки соответствия механического привода рабочего органа «Ротационного рыхлителя подгумусового слоя почвы» патенту на изобретение 2273120 от 10 апреля 2006 года. ФГУ «Северо-Кавказская МИС». 2008. 1 с.

УДК 631.1:631.459(470.61):633.11

Результаты многолетнего действия ротационного способа внутрипочвенной механической обработки на свойства почвы

- ¹ Валерий Петрович Калиниченко
² Владимир Константинович Шаршак
³ Владимир Евгеньевич Зинченко
⁴ Али Алхазурович Зармаев
⁵ Евгений Пантелеймонович Ладан
⁶ Владимир Владимирович Черненко
⁷ Людмила Павловна Ильина

¹ Институт плодородия почв юга России, Россия

доктор биологических наук, профессор,

E-mail: kalinitch@mail.ru

² Донской государственный аграрный университет, Россия

доктор технических наук, профессор

E-mail: instit03@mail.ru

³ Донской научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Россия

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

E-mail: zinchenko_msh@mail.ru

⁴ Чеченский государственный университет, Россия

E-mail: ali5073@mail.ru

⁵ Донской государственный аграрный университет, Россия

кандидат технических наук, доцент

E-mail: Evlad2@mail.ru

⁶ Донской государственный аграрный университет, Россия

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

E-mail: instit03@mail.ru

⁷ Южный научный центр РАН, Россия

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

E-mail: Ijina@ssc-ras.ru

Аннотация. Имитационный подход к технике и технологии рыхления почвы превосходит воздействие природных факторов почвообразования и ведет к техногенной деградации биосферы. С точки зрения генезиса почв выполнено фундаментальное биологическое обоснование способа ротационного внутрипочвенного рыхления. Способ обеспечивает формирование в глубине почвы нового слоя, в котором усиливается геологический и биологический процесс, обеспечивается воздействие на вышележащие слои, на долгий срок повышается биологическая продуктивность почвы и устойчивость ее механической системы. Рассмотрены технические решения устройств для ротационного внутрипочвенного рыхления и представлены многолетние результаты их практического применения.

Ключевые слова: техника и технология рыхления почвы; техногенная деградация биосферы; биологическое обоснование ротационного внутрипочвенного рыхления; устройства ротационного внутрипочвенного рыхления.