

УДК 574.4:621:631

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОГЕОСИСТЕМОТЕХНИКИ

© 2020 г. В. П. Калиниченко^{1,2,*}, А. П. Глинушкин², М. С. Соколов²,
В. К. Шаршак¹, Е. П. Ладан¹, Т. М. Минкина³, В. Е. Зинченко⁴,
В. В. Черненко¹, Д. А. Макаренков⁵, А. Э. Рыхлик¹, Г. С. Ларин¹

¹ Институт плодородия почв юга России

346495 Ростовская обл., Октябрьский р-н, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 2, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии

143050 Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, влад. 5, Россия

³ Южный федеральный университет

344006 Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42, Россия

⁴ Федеральный Ростовский аграрный научный центр

346735 Ростовская обл., Аксайский р-н, п. Рассвет, ул. Институтская, 1, Россия

⁵ Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ

Национального исследовательского центра “Курчатовский институт”

107076 Москва, ул. Богородский Вал, 3, Россия

*E-mail: kalinitch@mail.ru

Поступила в редакцию 30.07.2019 г.

После доработки 10.08.2019 г.

Принята к публикации 10.11.2019 г.

Для преодоления устаревших имитационных принципов природопользования предложено научно-технологическое направление “биогосистемотехника” как система природоподобных алгоритмов, технологий и технических решений. На примерах внутрипочвенного фрезерования иллювиального горизонта почвы в целях управления системой агрегатов почвы, управления биогеохимическим циклом вещества посредством внутрипочвенного импульсного дискретного увлажнения почвы, рециклинга минеральных и органических отходов одновременно с внутрипочвенным фрезерованием и/или внутрипочвенной импульсной дискретной фертигацией почвы показана возможность создания биогосистем с трансцендентальными (т.е. не имеющими прямых аналогов в природе) свойствами, что обеспечит коэволюцию технологии и биосферы.

Ключевые слова: биогосистемотехника, внутрипочвенное фрезерование, внутрипочвенное импульсное дискретное увлажнение почвы, внутрипочвенный рециклинг минеральных и органических отходов, коэволюция технологии и биосферы.

DOI: 10.31857/S0002188120020052

ВВЕДЕНИЕ

Современное природопользование базируется на устаревших имитационных принципах, обуславливая многочисленные риски [1, 2], что исключает в эпоху ноосферы коэволюционное развитие человечества, техносферы и биосферы [3–8], биологически ориентированную экономику [9]. В качестве новой парадигмы развития нами предложено научно-технологическое направление “биогосистемотехника” [10–13], в котором разработаны природоподобные [14, 15] алгоритмы, технологии и технические решения. В качестве примера рассмотрено управление системой агрегатов почвы [16] и биогеохимическим циклом вещества [17, 18], включая искусственное увлажнение почвы [19], в целях создания биогосистем

с трансцендентальными (т.е. не имеющими прямых аналогов в природе) свойствами [20, 21].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для обоснования биогосистемотехники проведено лабораторное и полевое моделирование управления агрегатной композицией, биогеохимическим циклом вещества, увлажнением почвы, изучены ее геофизические, химические, физико-химические свойства [22–25]. Разработаны термодинамические математические модели переноса вещества в почве [8, 26]. Заложены производственные экспериментальные многолетние почвенно-мелиоративные стационары, исследована долговременная динамика свойств улучшенных почв, урожайность культур и качество продукции [16, 27]. При выполнении исследования

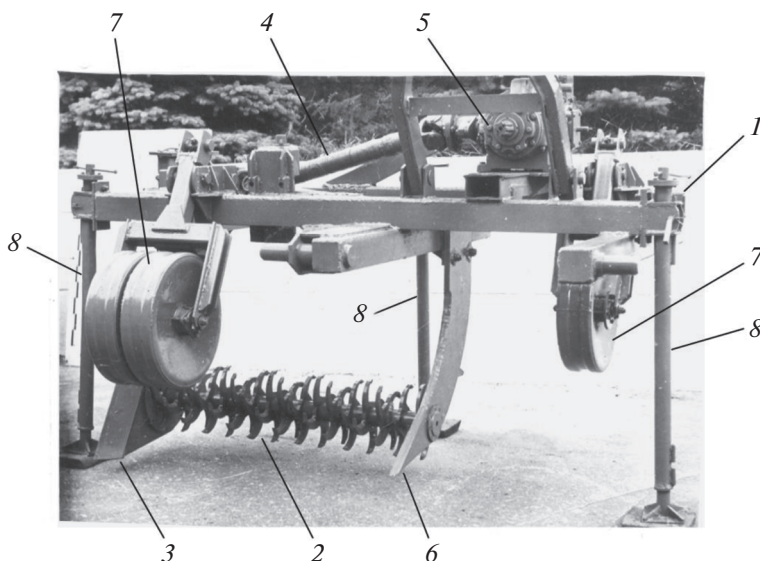


Рис. 1. Почвенно-мелиоративное фрезерное орудие ФС-1,3: 1 — рама, 2 — фрезерный рыхлитель внутреннего слоя почвы, 3 — режущая стойка-редуктор, 4 — привод, 5 — редуктор, 6 — режущая стойка, 7 — опорное колесо, 8 — опора орудия в нерабочем положении.

применяли стандартные методы изучения свойств почвы [28, 29], а также специально разработанные собственные программные продукты [30]. Разработка устройств и технологий для имплементации трансцендентального методологического подхода биогеосистемотехники к обеспечению непротиворечивого взаимодействия технологии и биосферы выполнена на базе эвристического метода создания артефактов техники [31].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Механическая мелиоративная обработка почвы. Современная теория и практика механической обработки почвы ориентированы преимущественно на традиционные рыхлящие устройства. После стандартной мелиоративной трехъярусной вспашки каштаново-солонцового комплекса агрегаты почв представлены преимущественно в виде глыб (иллювиального и переходного горизонтов) размером >100 мм. Они сохраняются практически в неизменном виде в течение 30 и более лет, оставаясь непроницаемыми для корней культурных растений: в результате седиментации тупиковые поры занимают до 99% объема порового пространства почвы [32, 33], в стандартной агрокультуре самовосстановление таких почв проблематично [34].

В 60–70-х годах XX в. нами разработан принцип мелиорации почвы агроценозов посредством фрезерной обработки ее иллювиального горизонта на глубине 20–45 см, что обеспечивает разрушение крупных почвенных агрегатов [35].

В длительном стационарном полевом эксперименте (колхоз им. XVII Партконференции, с. Ремонтное, Ростовская обл.) изучены стандартная основная отвальная обработка почвы (на глубину 20–22 см), стандартная почвенно-мелиоративная трехъярусная обработка почвы (на 40–45 см), внутрипочвенная фрезерная обработка слоя 20–45 см орудием ФС-1.3 (рис. 1).

Установлено, что однократная внутрипочвенная фрезерная обработка обеспечивает получение мелких и средних искусственных агрегатов почвы — комфортного субстрата для развития корневой системы растений и обитания геобионтов [36, 37]. Количество агрегатов почвы размером 1–3 мм в слое 20–45 см после стандартной трехъярусной обработки почвы составляло только 10%, а после внутрипочвенного фрезерования — до 40% [16].

В результате внутрипочвенного фрезерования улучшились физико-химические, технологические и агробиологические параметры почвы, оптимизирован круговорот питательных элементов. Обеспечен почвенно-биологический секвестр углерода, поскольку содержание гумуса в почве при стандартной агротехнике в слое 0–20 см составляет 2%, в слое 20–40 см — 1.1%, за счет внутрипочвенного фрезерования увеличивается: в светло-каштановой почве в слое 0–20 см до 2.3, в слое 20–40 см — до 1.7, в каштановой почве соответственно — до 3.3 и 1.9%. В течение длительного периода отмечен рост продуктивности агрокультуры.

Таблица 1. Экономические показатели продуктивности озимой пшеницы в 2006 г. при различных способах обработки почвы в 1976 г. (стационар колхоза им. XVII Партконференции (ООО Мир), с. Ремонтное, Ростовская обл.) [16]

Показатель	Отвальная обработка, 0–22 см	ПТН-40, 0–45 см	ФС-1,3, 20–45 см
Урожайность, т/га*	4.14	5.12	6.58
Агротехнологические затраты, руб./га	35900	38850	42350
Почвенно-мелиоративные затраты, руб./га	0	24000	39000
Срок действия почвенно-мелиоративной технологии, лет	0	10	30
Амортизация мелиоративной технологии, руб./га	0	2400	1300
Рентабельность (при цене реализации, 5800 руб./т), %	26.85	44.97	70.91
Себестоимость зерна, руб./т	8671.50	8056.64	6633.74

* $HCP_{0,5} = 0.59$ т/га

туры и достигнуты высокие экономические показатели (табл. 1).

Искусственное увлажнение почвы. На ирригацию расходуют до 95% общемирового ресурса пресной воды, причем примерно 90% воды используется непроизводительно, во вред геосферам [38]. Отрицательный результат традиционной ирригации определяют следующие явления: а) нарушение гидрологического режима почвы и ландшафта, б) избыточное выщелачивание питательных веществ, в) переувлажнение и вторичное засоление, г) гравитационно-гидродинамическая флотация твердой фазы и гравитационно-водное переуплотнение почвы. Расход воды в 4–15 раз превышает эмпирическую потребность культивируемых растений [39], притом стандартный расчет дает завышенный результат, не соответствующий современным представлениям о физике почв и питании растений [40–42]. Системный дефект искусственного гидрологического режима почвы при ирригации состоит в совмещении фазы подачи воды с фазой ее самопроизвольного неконтролируемого перераспределения в почве, что обуславливает деградацию структуры почвы [43, 44].

Нами предложена новая природоподобная водная стратегия биогеосистемотехники – внутрипочвенная импульсная дискретная парадигма увлажнения, позволяющая преодолеть недостатки традиционной ирригации [45–47]. В фазе подачи воду впрыскивают в почву, дозировано распределяя ее в вертикальном цилиндре первичного увлажнения на глубине 10–40 см (рис. 2).

Ввиду краткосрочности гидродинамического воздействия механические связи в почве полностью не разрушаются, а нарушенные – быстро восстанавливаются, механический каркас почвы при этом сохраняется. В последующей фазе распределения воды из цилиндра первичного увлажнения влага в течение нескольких минут перераспределя-

ется капиллярным, пленочным и парообразным переносом. Термодинамический потенциал воды в увлажненной почве составляет -0.2 МПа, что существенно меньше аналогичного (-0.033 МПа) после стандартного полива. Растения питаются более концентрированным почвенным раствором, существенно снижая затраты энергии на эвапотранспирацию в сравнении со стандартным поливом. Вследствие оптимизации органогенеза повышается продуктивность растений (рис. 3).

Возрастает устойчивость растений к фитопатогенам вследствие относительно низкой влажности почвы. Исключены потери воды, ее негативное избыточное воздействие на почву и агроландшафт. В сравнении с традиционной ирригацией, расход воды на увлажнение почвы снижается в 5–20 раз. Растения с поливной водой получают меньше поллютантов. Достигается многократная экономия энергии, финансовых и материальных ресурсов.

Рециклинг отходов внутри почвы. Стандартная индустриальная технологическая парадигма построена на обращении с отходами по принципу “быстрее от них избавиться”: сжигание, открытое хранение, захоронение или сосредоточенное размещение в почве, неполная очистка жидких бытовых, животноводческих или технических стоков, опасных для биоты. В результате нарушается баланс углерода, других биофилов [48].

Рециклинг минеральных и органических отходов в виде агрегатов размером до 3–5 мм следует проводить одновременно с внутрипочвенным фрезерованием слоя 20–40 (30–60) см (рис. 4) [49]. Синтезируется развитая искусственная геофизическая система агрегатов “почва–отходы” – приоритетный субстрат для рециклинга отходов. Улучшаются условия питания растений.

Утилизация опасных биологических отходов (включая боевые) [50], отходов пищевых производств, продуктов пиролиза (включая биочар),

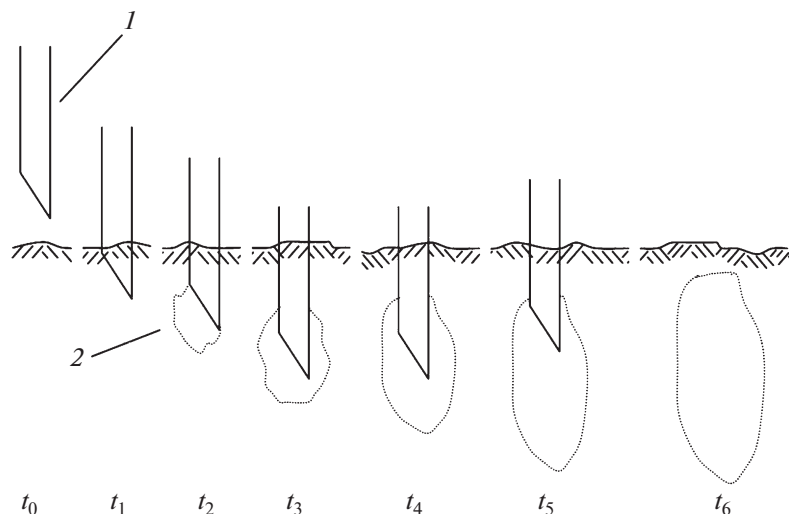


Рис. 2. Внутрипочвенный импульсный дискретный способ полива: 1 – шприцевой элемент, 2 – контур увлажнения, $t_0 - t_6$ – стадии подачи воды из шприца.

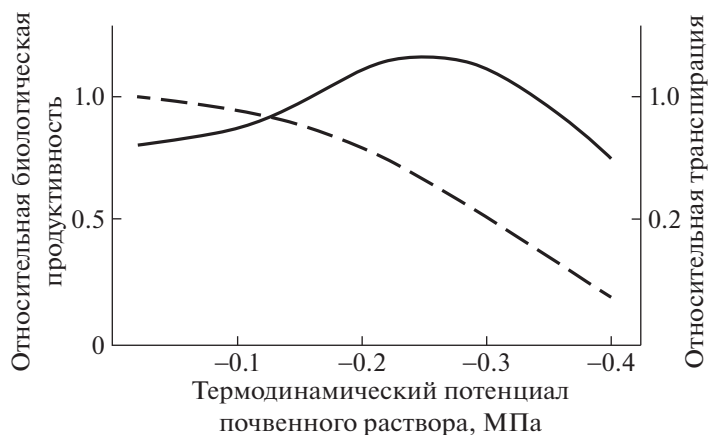


Рис. 3. Относительная транспирация и биологическая продуктивность растений в зависимости от термодинамического потенциала почвенного раствора: Пунктирная линия – относительная транспирация, сплошная линия – относительная биологическая продуктивность растений.

отхода газификации [51] по предлагаемой технологии нарушает трофические цепи распространения опасного инокулюма патогенов и фитопатогенов. Микроорганизмы-супрессоры в развитой агрегатной почвенной экосистеме элиминируют патогенную и/или фитопатогенную микробиоту. Приоритетные условия органогенеза обеспечивают высокий фитоиммунный статус растений [52], улучшается фитосанитарная обстановка в агрофитоценозе, обеспечивается биоремедиация.

Внутрипочвенная импульсная дискретная система внесения вещества в жидкой форме (пульпа, смесь), а также синтеза вещества внутри тонкодисперсной системы [53] оптимизирует питание и водопотребление растений, обеспечивает экологическую, медицинскую и ветеринарную безопасность наземно-почвенных и водных эко-

систем, включая удобрительный экологически дружелюбный рециклинг сточных вод, содержащих минеральные (исключая тяжелые металлы) и органические загрязнения. В новой агрегатной системе почвы за счет ассоциации и комплексообразования ионов в почвенном растворе при относительно низком термодинамическом потенциале воды достигается усиление биогеохимического барьера “почва–ризосфера” [8, 54], минимизируется поступление тяжелых металлов в растения [55, 56], создаются предпосылки для микробиологической активности в ризосфере [57], высокой биологической продуктивности агроценоза и оздоровления почвы [58–60]. Внутрипочвенная импульсная дискретная система внесения биопрепаратов и пестицидов для защиты растений

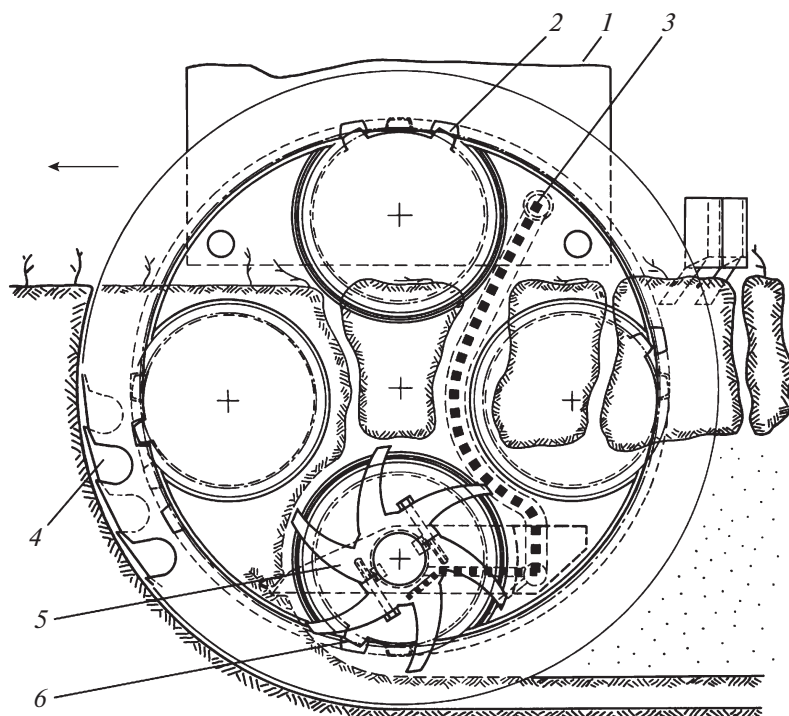


Рис. 4. Устройство для внутрипочвенного фрезерования и внесения вещества в зону рыхления: 1 — рама, 2 — ведущая шестерня, 3 — канал подачи вещества внутрь обрабатываемого слоя почвы, 4 — кольцевой щелерез с внутренней промежуточной шестерней, 5 — фрезерный рыхлитель, 6 — ведомая шестерня.

усилит их действие на вредные организмы и обеспечит безопасность экосферы.

Большинство опасных для высших организмов загрязняющих веществ гораздо менее опасны для геобионтов и утилизируются ими в процессе внутрипочвенной дисперсной утилизации, фертигации и/или внесения биопрепаратов [61].

Методы биогеосистемотехники применимы к многолетним плодовым культурам, древесно-кустарниковым насаждениям, обеспечивая лучшую приживаемость, ускоренное накопление фитомассы и повышение продуктивности [62]. При этом декоративные и защитные насаждения формируют привлекательный габитус, увеличивается продолжительность их эксплуатации.

Возможно биолого-почвенное решение проблем углеродного баланса [63], секвестра углерода [64, 65], производства энергии [21], стабилизации климатической системы [66].

Успех реализации биогеосистемотехники во многом связан со степенью совершенства политико-правовых инструментов выбора программ стратегического развития РФ [67].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Природоподобные технологии биогеосистемотехники оптимизируют коэволюцию биосфе-

ры и техносферы посредством: а) внутрипочвенного фрезерования иллювиального горизонта почвы, б) внутрипочвенного импульсного дискретного увлажнения, в) высокопроизводительного экологичного почвенно-биологического рециклинга органических отходов, д) внутрипочвенного импульсного дискретного внесения агрохимикатов. Уже в ближайшей перспективе реализация указанных стратегических направлений позволит: а) повышать плодородие почвы, б) обеспечивать бездефицитный баланс почвенного гумуса, в) существенно снижать пестицидную нагрузку на агроландшафт, г) обеспечивать оздоровление почвы и д) перманентно повышать ее продуктивность.

Контролируемая коэволюционная интенсификация агросферы обеспечит производство дополнительного биотоплива, сырья и продовольствия. Все вышеизложенное создаст объективные условия для повышения качества жизни нашего социума.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gill J.C., Malamud B.D. Anthropogenic processes, natural hazards, and interactions in a multi-hazard framework // *Earth-Sci. Reviews*. 2017. № 166. P. 246–269. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.01.002>

2. *Mansvelt Van J.D.* Soil Fertility in agriculture: Russia – Western Europe – USA: in the past and today // *Biogeosyst. Techniq.* 2017. № 4 (2). P. 220–231. <https://doi.org/10.13187/bgt.2018.1.87>
3. *Cuomo C.J.* Against the idea of an anthropocene epoch: Ethical, political and scientific concerns // *Biogeosyst. Techniq.* 2017. № 4 (1). P. 4–8. <https://doi.org/10.13187/bgt.2017.1.4>
4. *Glazko V.I., Glazko T.T.* Conflicts of biosphere and agroecosystems // *Inter. J. Environ. Probl.* 2015. № 1 (1). C. 4–16.
5. *Cheshko V.T., Glazko V.I., Kosova Y.V.* Bioethics: Rein-carnation of natural philosophy in modern science // *Biogeosyst. Techniq.* 2017. № 4 (2). C. 111–121. <https://doi.org/10.13187/bgt.2017.2.111>
6. *Keesstra S.D., Bouma J., Wallinga J., Tittonell P., Smith P., Cerdà A., Montanarella L., Quinton J.N., Pachepsky Y., van der Putten W.H., Bardgett R.D., Moolenaar S., Mol G., Jansen B., Fresco L.O.* The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations // *Sustain. Develop. Goals. Soil.* 2016. № 2. P. 111–128. <https://doi.org/10.5194/soil-2-111-2016>
7. *Keesstra S., Mol G., De Leeuw J., Okx J., Molenaar C., De Cleen M., Visser S.* Soil-related sustainable development goals: Four concepts to make land degradation neutrality and restoration work // *Land.* 2018. № 7 (4). P. 133. <https://doi.org/10.3390/land7040133>
8. *Bohle M.* Ideal-type narratives for engineering a human niche // *Geosci.* 2017. № 7 (1). P. 18. <https://doi.org/10.3390/geosciences7010018>
9. *Johansson J.* Collaborative governance for sustainable forestry in the emerging bio-based economy in Europe // *Current Opin. Environ. Sustainabil.* 2018. № 32. P. 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.01.009>
10. *Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Овчинников В.Н., Москаленко А.П., Скуратов Н.С., Докучаева Л.М., Удалов А.В., Ладан Е.П., Генева Е.Д., Илларионов В.В., Зинченко В.Е., Морковской Н.А., Черненко В.В.* Циклическая ресурсосберегающая рекреационная биогеосистемотехника на основе роторной мелиоративной обработки почв // Каталог инновационных разработок ученых Донского ГАУ. Персиановский, 2009. С. 19–21.
11. *Kalinichenko V.P., Sister V.G., Tsedilin A.N., Makarenkov D.A., Nazarov V.I., Chaika V.A.* Biogeosystem Technique – dispersed soil system creation, intra-soil moistening, intra-soil waste recycling – priority conditions for the humic substances synthesis and stability // 4th Inter. Conf. of CIS IHSS on Humic Innovation Technologies “From molecular analysis of humic substances – to nature-like technologies” (HIT-2017). October 15–21, 2017. M.: Изд-во МГУ, 2017. P. 11–15.
12. *Glinushkin A.P., Kudyarov V.N., Sokolov M.S., Zinchenko V.E., Chernenko V.V.* Nature-similar technologies of the biogeosystem technique in solving a global social and environmental problem // *Biogeosyst. Techniq.* 2018. № 5 (2). P. 159–196. <https://doi.org/10.13187/bgt.2018.2.159>
13. *Калиниченко В.П.* Биогеосистемотехника – априорно-экспериментальная стратегия повышения качества почвы агро- и социосферы // Гл. XV. Адаптивно-интегрированная защита растений (монография) / Под ред. Глинушкина А.П., Каракотова С.Д., Соколова М.С., Спиридонова Ю.Я., Босак Г.С. М.: Печатный город, 2019. С. 429–466.
14. *Ковальчук М.В., Нарайкин О.С.* Природоподобные технологии – новые возможности и новые угрозы // *Индекс безопасности.* 2017. Т. 22. С. 103–108.
15. *Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б.* Конвергенция наук и технологий – новый этап научно-технического развития // *Вопр. философии.* 2013. № 3. С. 3–11.
16. *Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Миронченко С.Ф., Черненко В.В., Ладан Е.П., Генева Е.Д., Илларионов В.В., Удалов А.В., Удалов В.В., Кинпель Е.В.* Изменение свойств почв солонцового комплекса через 30 лет после мелиоративных обработок // *Почвоведение.* 2014. № 4. С. 490–506.
17. *Kalinichenko V.P.* Status of the Earth’s geochemical cycle in the standard technologies and waste recycling, and the possibilities of its correction by biogeosystem technique method (problem-analytical review) // *Biogeosyst. Techniq.* 2016. V. 8. Is. 2. P. 115–144. <https://doi.org/10.13187/bgt.2016.8.115>
18. *Kalinichenko V.P.* Optimizing the matter flow in biosphere and the climate of the earth at the stage of technogenesis by methods of biogeosystem technique (problem-analytical review) // *Inter. J. Environ. Probl.* 2016. V. (4). Is. 2. P. 99–130. <https://doi.org/10.13187/ijep.2016.4.99>
19. *Калиниченко В.П., Минкина Т.М., Безуглова О.С., Зармаев А.А., Романов О.В., Ким В.Ч.-Д.* Концепция внутрипочвенной дискретной импульсной ирригации // *Природообустройство.* 2013. № 2. С. 6–11.
20. *Kalinichenko V.P.* Soil dynamics management // *Biogeosyst. Techniq.* 2016. V. (10). Is. 4. P. 284–316. <https://doi.org/10.13187/bgt.2016.10.284>
21. *Kalinichenko V.P.* Renewal of energy and life in the biosphere // *Europ. J. Renewable Energy.* 2017. V. 2 (1). P. 3–28. <https://doi.org/10.13187/ejore.2017.1.3>
22. *Минкин М.Б., Бабушкин В.М., Садименко П.А.* Солонцы юго-востока Ростовской области. Ростов/н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. 271 с.
23. *Минкин М.Б., Горбунов Н.И., Садименко П.А.* Актуальные вопросы физической и коллоидной химии почв. Ростов/н/Д.: Изд-во РГУ, 1982. 270 с.
24. *Минкин М.Б., Калиниченко В.П., Садименко П.А.* Регулирование гидрологического режима комплексных солонцовых почв. Ростов/н/Д.: Изд-во РГУ, 1986. 231 с.
25. *Калиниченко В.П.* Природные и антропогенные факторы происхождения и эволюции структуры почвенного покрова. М.: МСХА, 2003. 376 с.
26. *Минкина Т.М., Ендовицкий А.П., Калиниченко В.П., Федоров Ю.А.* Карбонатно-кальциевое равновесие в системе вода–почва. Ростов/н/Д.: Изд-во Южн. фед. ун-та, 2012. 376 с. ISBN 978-5-9275-0922-5
27. *Суковатов В.А.* Длительность действия мелиорации солонцового комплекса каштановых почв: Дис. ... канд. с.-х. наук. Персиановский, Донской ГАУ, 2009. 140 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=19212993>

28. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Изд-во Высш. шк., 1973. 400 с.
29. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Воробьевой Л.А. М.: Изд-во ГЕОС, 2006. 400 с.
30. Ендовицкий А.П., Калинин В.П., Бакоев С.Ю., Иваненко А.А., Суковатов В.А., Радевич Е.В. Программа для ЭВМ "ION-2". Св-во о гос. регистрации № 2009612162. 27.04.2009.
31. Mitcham C. Thinking through technology: The Path between engineering and philosophy. USA, University Of Chicago Press, 1994. ISBN 978-0-226-53198-4
32. Shein E.V., Kharitonova G.V., Milanovsky E.Yu. Aggregation of natural disperse formations: Value of organic matter, soluble salts and diatoms // Biogeosyst. Techniq. 2016. № 7 (1). P. 77–86.
33. Shein E.V., Skvortsova E.B., Dembovetskii A.V., Abrosimov K.N., Il'in L.I., Shnyrev N.A. Pore-size distribution in loamy soils: A comparison between microtomographic and capillarimetric determination methods // Euras. Soil Sci. 2016. V. 49. Iss. 3. P. 315–325.
34. Kalinina O., Giani L., Dolgikh A.V., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Chertov O., Barmin A.N. Self-restoration of post-agrogenic soils of calcisol-solonetz complex: soil development, carbon stock dynamics of carbon pools // Geoderma. 2015. V. 237. P. 117–128.
35. Шаршак В.К., Москвичев Н.Н., Ладан Е.П., Генев Е.Д., Слюсарев В.С. Комбинированное почвообрабатывающее орудие: А.с. СССР № 442760. Б.И. 1974. № 34.
36. Shein E.V., Kharitonova G.V., Bayasgalan Amgalan, Gantumur Sambuu, Krutikova V.O., Kharitonov E.V. Salt neoformations in soils of central Mongolia // Biogeosyst. Techniq. 2017. № 4 (1). P. 66–81. <https://doi.org/10.13187/bgt.2017.1.66>
37. Kharitonova G.V., Shein E.V., Krutikova V.O., Ostrouhov A.V. Calcium carbonate formations in edaphic components of ecosystems // Biogeosyst. Techniq. 2018. № 5 (2). P. 197–212. <https://doi.org/10.13187/bgt.2018.2.197>
38. Rykhlik, A.E., Bezuglova, O.S. Method of intra-soil pulse continuous-discrete moistening (model experiment) // Biogeosyst. Techniq. 2017. № 4 (1). P. 39–65. <https://doi.org/10.13187/bgt.2017.1.39>
39. Ochoa C., Guldán S., Fernald A., Tidwell V., Elias E., Gutierrez K., Borman M. Surface water and shallow groundwater interactions in semiarid agroecosystems of the western USA // Geophys. Res. Abstr. 2014. V. 16. EGU2014-3161.
40. Шеин Е.В., Белик А.А., Кокорева А.А., Колупаева В.Н. Количественная оценка неоднородности потоков веществ по параметру "шаг смешения" для математических моделей миграции пестицидов в почвах // Почвоведение. 2018. № 7. С. 852–858.
41. Shein E.V., Mady A.Y., Il'in L.I. Validation of HYDRUS-1D for predicting of soil moisture content with hysteresis effect // Biogeosyst. Techniq. 2019. № 6 (1). P. 59–64.
42. Zaitseva R.I., Nikitina N.S., Sudnitsyn I.I. The effect of the concentration and osmotic pressure of soil solution on the availability of water to plants // Euras. Soil Sci. 2003. V. 36. № 9. 3. 1003–1009.
43. Топунова И.В., Приходько В.Е., Соколова Т.А. Влияние орошения на содержание и минералогический состав илистой фракции черноземов Ростовской области (Багаевско-садковская оросительная система) // Вестн. МГУ. Сер. 17: Почвоведение. 2010. № 1. С. 3–10.
44. Prikhod'ko V., Manakhov D. Soil processes at different structural levels of organization and diagnosis of their changes under irrigation // Moscow University Soil Sci Bul. 2010. № 65. P. 52–60. <https://doi.org/10.3103/S014768741002002X>
45. Калинин В.П. Способ внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений: Пат. (RU) № 2386243 С1. Б.И. 2010. № 11. 9 с.
46. Kalinichenko V. Biogeosystem technique as a base of the new world water strategy // Biogeosyst. Techniq. 2014. № 2 (2). P. 100–124.
47. Batukaev A.A., Kalinichenko V.P., Rykhlik A.E., Palaeva D.O. Intra-soil pulse continuum-discrete moistening for soil and water preservation // Adv. Engin. Res. 2018. V. 151. P. 905–911.
48. Helfenstein J., Jegminat J., McLaren T.I., Frossard E. Soil solution phosphorus turnover: derivation, interpretation, and insights from a global compilation of isotope exchange kinetic studies // Biogeosciences. 2018. № 15. P. 105–14. <https://doi.org/10.5194/bg-15-105-2018>
49. Калинин В.П. Устройство для внесения вещества при ротационном внутрипочвенном рыхлении: Пат. RU № 2387115 С2. Б.И. 2010. № 12. 6 с.
50. Калинин В.П., Старцев В.Ф. Способ утилизации боенских отходов. Пат. RU 2552076 С1. Б.И. 2015. № 16. 9 с.
51. Калинин В.П., Глинушкин А.П., Соколов М.С., Козырев С.Г., Савостьянов А.П., Ильин В.Б. Комплекс утилизации отхода газификации: Пат. RU № 2692718 С1. Б.И. 2019. № 18.
52. Калинин В.П., Рыхлик А.Э., Ларин Г.С. Методы биогеосистемотехники для повышения иммунитета растений // Аграрная наука. Спец. вып. к Международ. научн.-практ. конф. "Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям", посвящ. 100-летию монографии Н.И. Вавилова. 25–28 июня 2019. Т. 2. С. 35–40.
53. Калинин В.П., Ильин В.Б., Ендовицкий А.П., Черненко В.В. Способ синтеза вещества внутри тонкодисперсной системы: Пат. RU № 2476055 С2. Б.И. 2013. № 6. 7 с.
54. Batukaev A.A., Endovitsky A.P., Andreev A.G., Kalinichenko V.P., Minkina T.M., Dikaev Z.S., Mandzhieva S.S., Sushkova S.N. Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink // Solid Earth. 2016. № 7. I. 2. P. 415–423. <https://doi.org/10.5194/se-7-415-2016>
55. Bech J., Korobova E., Abreu M., Bini C., Chon H.T., Pérez-Sirvent C. Soil pollution and reclamation // J. Geochem. Explor. 2014. № 147. P. 77–79. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.11.001>

56. Kalinichenko V.P., Glinushkin A.P., Sokolov M.S., Zinchenko V.E., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Sushkova S.N., Makarenkov D.A., Bakoyev S.Y., P'ina L.P. Impact of soil organic matter on calcium carbonate equilibrium and forms of Pb in water extracts from Kastanozem complex // *J. Soils Sediment*. 2018. № 19(6). P. 2717–2728.
<https://doi.org/10.1007/s11368-018-2123-z>
57. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y., Blagodatsky S., Anderson T.-H. Microbial growth and carbon use efficiency in the rhizosphere and root-free soil // *PLoS ONE*. 2014. Т. 9. № 4. С. e93282.
58. Nigten A.O. Re-inventing agriculture! // *Biogeosyst. Techniq*. 2018. № 5 (2). P. 213–228.
<https://doi.org/10.13187/bgt.2018.2.213>
59. Соколов М.С. Здоровая почва — неотъемлемый, экологически значимый фактор коэволюции биосферы и социума (в развитие ноосферных идей В.И. Вернадского) // *Адаптивно-интегрированная защита растений (монография)* Гл. XIV / Под ред. Глинушкина А.П., Каракотова С.Д., Соколова М.С., Спиридонова Ю.Я., Босак Г.С. М: Печатный город, 2019. С. 387–428.
60. Семенов А.М., Глинушкин А.П. Научно-методическое руководство для практического определения параметров здоровья почвенной экосистемы (почвы) // *Адаптивно-интегрированная защита растений (монография)* Гл. XVIII / Под ред. Глинушкина А.П., Каракотова С.Д., Соколова М.С., Спиридонова Ю.Я., Босак Г.С. М: Печатный город, 2019. С. 525–554.
61. Колесников С.И., Ярославцев М.В., Спивакова Н.А., Казеев К.Ш. Сравнительная оценка устойчивости биологических свойств черноземов Юга России к загрязнению Cr, Cu, Ni, Pb в модельном эксперименте // *Почвоведение*. 2013. № 2. С. 195–200.
62. Батукаев А.А., Зармаев А.А., Калиниченко В.П., Чулков В.В., Мамилов Б.Б., Черненко В.В., Лохманова О.И. Способ создания многолетних насаждений: Пат. RU № 2498550 С2. 2013. Б.И. № 32. 4 с.
63. Кудяров В.Н. Современное состояние углеродного баланса и предельная способность почв к поглощению углерода на территории России // *Почвоведение*. 2015. № 9. С. 1049–1061.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X15090087>
64. Соколов М.С., Спиридонов Ю.Я., Калиниченко В.П., Глинушкин А.П. Управляемая коэволюция педосферы — реальная биосферная стратегия XXI века (вклад в развитие ноосферных идей В.И. Вернадского) // *Агрохимия*. 2018. № 11. С. 3–18.
<https://doi.org/10.1134/S0002188118110091>
65. Kalinichenko V., Batukaev A., Glinushkin A., Sokolov M., Sushkova S., Minkina T., Zinchenko V., Chernenko V., Bauer T., Zamulina I., Makarenkov D. Carbon irreversible sequestration dangerous mistake // *Geophys. Res. Abstr*. 2019. V. 21. EGU2019-5934
66. Kalinichenko V., Batukaev A., Batukaev M., Minkina T. Biogeosystem Technique as a method to correct the climate // *Geophys. Res. Abstr*. 2017. V. 19. EGU2017-2540.
67. Larin G.S., Lyakhov V.P. Political and legal modernization and the choice of the vector of development of modern Russia in focus of the ideas and attributes of national security in the 21st century synthesis, taking into account the Decembrists views and ideologies // *Colloquium-journal. Jurisprudence*. 2019. № 9(33). P. 56–61.
<https://doi.org/10.24411/2520-6990-2019-10255>

Nature-Based Technologies of Biogeosystem Technique

V. P. Kalinichenko^{a,b,*}, A. P. Glinushkin^b, M. S. Sokolov^b, V. K. Sharshak^a, E. P. Ladan^a,
T. M. Minkina^c, V. E. Zinchenko^d, V. V. Chernenko^a, D. A. Makarenkov^e,
A. E. Rykhlik^a, and G. S. Larin^a

^a Institute of Soil Fertility of South Russia, ul. Krivoslykova 2, Rostov region, p. Persianovka 346493, Russia

^b Russian Scientific-Research Institute of Phytopathology, ul. Institute 5, Moscow region, p. Bolshiye Vyazemy 143050, Russia

^c Southern Federal University, prosp. Stachki 194/1, Rostov-on-Don 344090, Russia

^d Federal Rostov Agrarian Research Center, ul. Institutskaya 1, Rostov region, p. Rassvet 346735, Russia

^e Institute of Chemical Reagents and High Purity Chemical Substances of National Research Centre “Kurchatov Institute”,
Bogorodsky Val 3, Moscow 107076, Russia

*E-mail: kalinitch@mail.ru

For overcoming the outdated imitating principles of nature management, the scientific and technological direction “Biogeosystem Technique” as a system of nature-based algorithms, technologies and technical solutions was proposed. Using the examples of illuvial soil horizon milling to control the system of soil aggregates, biogeochemical cycle control by means of intra-soil pulse discrete moistening, mineral and organic wastes recycling simultaneously with intra-soil milling and/or intra-soil pulse discrete fertigation, the possibility of transcendental biogeosystems (having no direct analogs in nature) synthesis to ensure the co-evolution of technology and biosphere was shown that.

Key words: biogeosystem technique, intra-soil milling, intra-soil pulse discrete moistening, intra-soil recycling of mineral and organic waste, coevolution of technology and biosphere.