УДК 631.51.001
Код ВАК 06.01.01

Прошлое и будущее обработки почвы под зерновые культуры

А. А. Конищев[1]✉
[1] **Ивановский филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, Иваново, Россия**
✉*E-mail: aleksei.konishev2010@yandex.ru*

Аннотация. **Цель** исследований – показать и объяснить, почему с помощью технологий обработки почвы первого поколения в принципе невозможно устранить антропогенное переуплотнение почвы и снизить зависимость продуктивности посевов от метеоусловий вегетационного периода. **Методика.** Для достижения поставленной цели проведен анализ влияния результатов применения технологий первого поколения на урожайность возделываемых культур, на основании которого с помощью теории решения изобретательских задач разработаны закономерности создания технологий второго уровня и определены направления их реализации. **Научная новизна** заключается в разработке нового направления совершенствования технологий обработки почвы под зерновые культуры. **Результаты.** Установлено, что создание технологий первого поколения происходило по послойно-плоскостному принципу, реализуемому по схеме «глубоко – мельче – совсем мелко». Учитывая, что растениям для максимальной продуктивности необходима не какая-то конкретная плотность почвы, а оптимальное сочетание «плотность – режим увлажнения», это приводило к хронической предрасположенности технологий первого поколения к антропогенному переуплотнению почвы и полной зависимости посевов от текущих погодных условий. Устранить указанные недостатки можно при переходе на технологии второго уровня путем отказа от сегодняшнего «горизонтального» принципа минимизации обработки и перехода к минимизации «вертикальной», когда не вся площадь поля будет обрабатываться на одинаковую глубину и с одинаковой интенсивностью. Практически это реализуется путем деления всей площади поля на множество микроучастков, на каждом из которых создается плотность почвы, обеспечивающая максимальную урожайность при конкретном режиме увлажнения. Взаимовлияние и дополнение участков друг другом снижает общую зависимость урожайности культуры от метеоусловий вегетационного периода. Прибавка урожайности ячменя составляет до 11 % по сравнению с технологией на базе вспашки и до 20 % по сравнению с минимальной обработкой; яровой пшеницы – соответственно: 15 % и 23 %.

Ключевые слова: обработка почвы, вспашка, минимальная обработка, последовательность построения операций, влияние обработки на продуктивность растений, плотность почвы, урожайность культур, текущие погодные условия

Для цитирования: Конищев А. А. Прошлое и будущее обработки почвы под зерновые культуры // Аграрный вестник Урала. 2020. № 03 (194). С. 21–27. DOI: …

Дата поступления статьи: 22.11.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Развитие технологий обработки почвы и посева началось с момента, когда первобытный человек осознанно (или не очень) с помощью подручных средств сделал в земле лунки и бросил в них семена выращиваемой культуры. То есть в «первоисточнике» мы имеем технологию «прямого посева». Далее между первобытными земледельцами начался сначала обмен опытом, затем соревнование, а позже и конкурентная борьба за количество выращенной продукции. Соперничество в этой борьбе в результате длительной эволюции как технологий, так и орудий для их реализации в конечном итоге привело к созданию современной технологии на базе вспашки (рис. 1).

Далее технологии обработки почвы ввиду систематического удорожания средств производства стали развиваться в направлении снижения себестоимости зерна. Начали проводиться исследования и внедрение их результатов в производство по выращиванию сельскохозяйственных культур с уменьшением глубины и интенсивности обработки. Окончание этого этапа развития технологий характеризуется появлением в производстве технологий выращивания культур без обработки почвы (прямой посев). С высшей его формой – технологией No-till.

В связи с тем, что исторически этап **АВ** «растянулся» на несколько столетий, а этап **ВС** «завершился» всего за несколько десятилетий, процесс развития представлен в виде конуса символизирующего ускорение развития научно-технического прогресса

Но так как в процессе проведения исследований были выявлены большие ограничения по возможности применения технологий прямого посева, то особенностью данного этапа развития технологий явилось непрекращающееся и достаточно широкое применение классической обработки на базе вспашки наряду с прямым посевом в зависимости от местных условий.

© A. A. Konishchev, 2020

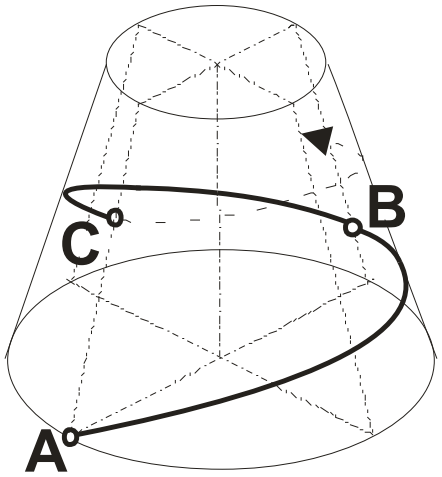

Рис. 1. Схема развития технологий обработки почвы, где: А – зарождение первобытного земледелия (прямой посев); В – «расцвет» применения классической технологии на базе вспашки; С – начало широкого применения технологий «прямого посева» в современном виде
Fig. 1. Scheme of development of technologies of tillage, where: A – the origin of primitive agriculture (direct sowing); B – the "heyday" of the use of classical technology based on plowing; C – the beginning of the widespread use of "direct sowing" in the modern form. Due to the fact that historically the AB stage "stretched" for several centuries, and the BC stage was completed in just a few decades, the development process is presented in the form of a cone symbolizing the acceleration of scientific and technological progress

Одновременно стали появляться технологии, старающиеся использовать как преимущества классической обработки, так и возможности прямого посева. Развиваться подобные технологии (Strip-till) начали преимущественно для выращивания пропашных культур [1, с. 4–11; 2; 3]. Позднее появились попытки распространения подобной обработки и на зерновые культуры [4]. То есть практически начался новый виток в развитии и совершенствовании технологий обработки почвы. Начался этап создания технологий обработки почвы второго поколения.

При этом **концепцию построения технологий первого поколения** можно охарактеризовать двумя отличительными моментами:

1. Обработка почвы в технологиях первого уровня под культуры сплошного сева проводится всегда равномерно по всей площади поля слоями на заданную глубину, определяемую местом операции в технологии возделывания культуры, разновидностью почвы и толщиной гумусового горизонта. А отличие обработки по регионам сводится в первую очередь к глубине основной обработки. На южных черноземах вспашку производят на глубину 30–35 см. На севере пахать можно не глубже 15–20 см (глубже не позволяет мощность гумусового горизонта). При этом по равномерности глубины обработки во всех регионах существуют достаточно жесткие ограничения. Агротребованиями отклонение глубины обработки от заданной допускается в пределах 1–2 см. То есть при любой действующей технологии обработка всегда производится равномерными слоями заданной глубины. Поэтому, обозначая всю площадь поля как плоскость, действующую классическую **концепцию организации работ с полным основанием можно назвать послойно-плоскостной.**

2. В процессе выполнения работ вначале проводится вспашка (или заменяющая ее глубокая обработка), затем комплексом предпосевных обработок верхний слой почвы доводится до требуемого возделываемой культурой и посевным агрегатом сложения и в конце производится посев. То есть с каждой последующей операцией почва обрабатывается на все меньшую глубину (посев – это тоже обработка почвы на глубину заделки семян!). А значит, при каждой последующей операции неизбежно происходит уплотнение нижних (ранее обработанных) слоев почвы! Именно плуг породил порядок обработки почвы по схеме: «глубоко – мельче – совсем мелко», при которой происходит неизбежное антропогенное уплотнение почвы.

К настоящему времени потери от уплотнения почвы составляют, например, в Великобритании 140 евро на гектар в год [5, 6], а общие потери в Швеции достигли 68 млн евро в год (что в три раза больше, чем в 1974 году).

Со временем для обработки почвы стали применяться чизельные и плоскорежущие орудия. Эти орудия (особенно плоскорежущие) допускали изменение порядка чередования операций при подготовке почвы, так как их конструкции создавались первоначально для зон проявления ветровой эрозии со специфическим технологическим требованием – минимальной деформацией поверхностного слоя почвы (для сохранения стерни), но сказалась инерция мышления. Орудия безотвальной обработки почвы приняли существующее чередование операций. В результате **схема построения операций в последовательности «глубоко – мельче – совсем мелко» стала повсеместной.** И одновременно направлением совершенствования технологий (все новые технологии строятся в направлении уменьшения интенсивности и глубины обработки) (рис. 2).

Кроме того, часто упускается из вида, что конструкции почвообрабатывающих рабочих органов с позиции теории и практики современной земледельческой механики [7, с. 24–135] разрабатываются исключительно с точки зрения теории деформации почвы. Все рабочие органы представляют собой комбинацию двух- или трехгранного клина, дополненную несущими и транспортирующими элементами конструкции. Поэтому обработка почвы есть процесс внедрения в почвенный слой и последующего перемещения в нем (и по нему) некой объемной конструкции, приводящий к деформации этого слоя. При этом в зависимости от используемой конструкции воздействующего рабочего органа деформация может сопровождаться разным по величине перемещением почвенного слоя. Также в процессе перемещения конструкции происходит частичное или полное разрушение и последующее смещение любых препятствий встречающихся на пути этих конструкций (в том числе и сорных растений или их корней). То есть главной функцией почвообрабатывающих рабочих органов является деформация обрабатываемого пласта, а остальные явления, наблюдаемые при обработке, есть «побочный эффект» этой деформации и конструктивных элементов исполнительных механизмов. А интегральным показателем деформации почвы, учитывающим все результаты воздействия на обрабаты-

© А. А. Конищев, 2020

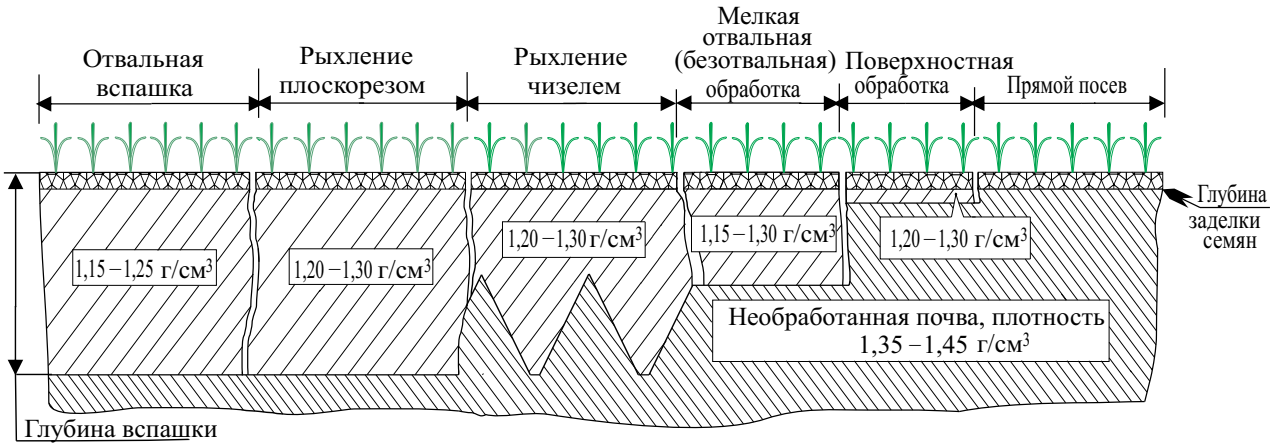

Рис. 2. Схема вертикального разреза обработанного слоя почвы при различных способах обработки
Представленные на рисунке величины плотности при различной обработке характерны для дерново-подзолистой почвы. На других типах почвы эти величины будут иными. И в данном случае они служат лишь для иллюстрации факта повышения плотности обработанных слоев в результате последовательного перехода от более интенсивной обработке к менее интенсивной

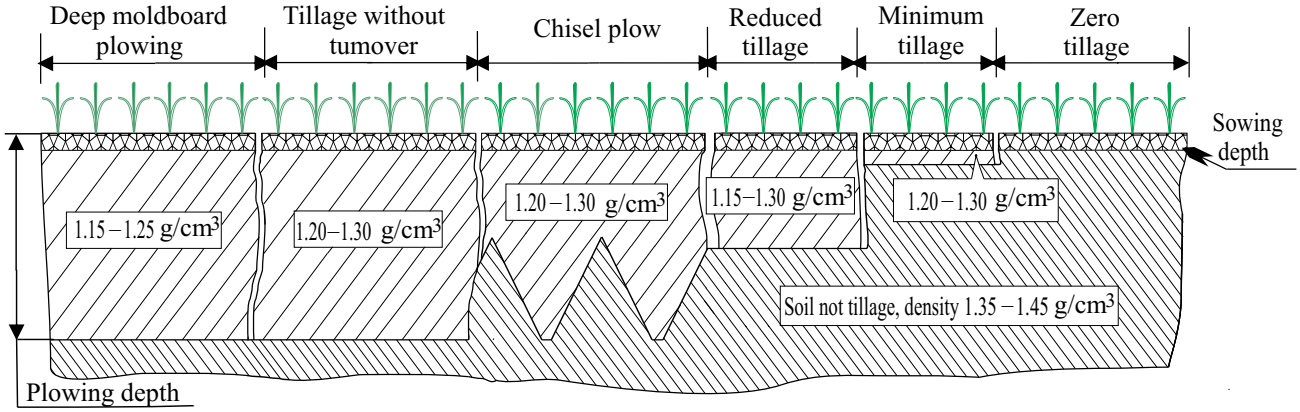

Fig. 2. Diagram of the vertical section of the treated soil layer with different methods of treatment
The density values shown in the figure are typical for sod-podzolic soil under different treatment. On other types soil, these values will be different. And in this case, they serve only to illustrate the fact of increasing the density of the treated layers as a result of the successive transition from more intensive processing to less intensive processing

ваемый слой (крошение, упаковка частиц, пористость, водопроницаемость и т. д.), является изменение ее объемной массы.

Следовательно, основным управляющим фактором, которым обработка почвы может непосредственно влиять на урожайность возделываемой культуры, является обеспечиваемая ею плотность почв**ы.**

То есть плотность почвы в результате применения одинаковых комбинаций обработок будет ежегодно близкой по величине и достоверно отличаться от других комбинаций. Например, плотность подготовленной к посеву почвы с применением сочетания «лущение стерни + вспашка + культивация» будет ежегодно достоверно ниже, чем при применении сочетания «дискование + культивация». Каждое сочетание обработок формирует характерную только ей плотность почвы.

Влияние плотности почвы на развитие растений достаточно подробно исследовано почвоведами и агрофизиками. Известно, что для нормального развития растений чем выше влажность почвы, тем меньше должна быть ее плотность (для поддержания оптимальной величины пористости аэрации). А при небольшой влажности растения продуктивнее на уплотненной почве. Соответственно, объемная масса (плотность сложения) почвы (от которой непосредственно зависит пористость) для высокой продуктивности растений должна быть более низкой при высокой влажности и более высокой при недостатке влаги.

Поэтому первое сочетание обработок (на базе вспашки) будет всегда продуктивнее при повышенном увлажнении, а второе сочетание (минимальная обработка) – при недостаточном увлажнении (если, конечно, не происходит избыточное переуплотнение почвы). И эта закономерность проявляется на всех типах почвы и во всех регионах. А так как в условиях производства применяемое сочетание почвообрабатывающих орудий меняется достаточно редко, то, проводя из года в год одинаковую обработку своих полей, фермер или коллективное хозяйство всякий раз настраивает свои поля на выращивание растений, при определенном режиме увлажнения играя в своеобразную рулетку – повезет с погодой или нет?

Но даже если предположить, что какой-то агроном, обладая неограниченными экономическими и техническими возможностями, задумает создать оптимальное

сложение почвы под будущий урожай, то ему все равно не удастся эти планы реализовать, так как метеослужба пока не может достоверно предсказывать погодные условия вперед на достаточно продолжительное время. Но даже если бы и был такой прогноз погоды, это мало помогло бы в решении вопроса, так как погодные условия очень динамичны, а обработка проводится до посева и в дальнейшем изменяться не может.

Поэтому производственники (находясь в своеобразном замкнутом круге) вынуждены идти на компромисс – проводить обработку почвы ориентируясь на предшествующие годы, собственный опыт и традиции региона, то есть проводить некую усредненную обработку, попросту игнорируя будущий режим увлажнения почвы. В результате получаемая в настоящее время урожайность (с математической точки зрения) есть величина случайная, зависящая от степени приближенности сочетания «плотность пахотного слоя – режим его увлажнения» к оптимальному.

В итоге материальные и финансовые потери (в том числе и урожая) неизбежны!

Таким образом, все действующие разновидности технологий обработки почвы первого поколения имеют хроническую предрасположенность к переуплотнению почвы и максимально зависимы от погодных условий вегетационного периода.

Применяемый в настоящее время переход на минимизированные обработки с целью экономии энергоресурсов часто реальной экономии не дает, так как затраты непосредственно на обработку почвы значительно меньше затрат на другие технологические нужды [8]. Не похож он и на оптимизацию условий развития растений, так как отсутствуют критерии оптимизации. Переход на минимизированные обработки при использовании технологий первого поколения больше похож на стремление Исполнителей заранее минимизировать свои технологические затраты (других путей экономии уже просто не осталось – все технологические затраты сведены к минимуму [8]), в том числе и в ожидании получения урожайности ниже запланированной (тем более что такие случаи отмечаются достаточно часто).

Или же переход на минимизированные обработки является вынужденной мерой, вызванной дефицитом технологических или временных ресурсов у исполнителя [9–12].

Соответственно, вновь разрабатываемые технологии должны быть направлены на исключение возможности антропогенного уплотнения почвы, влияющего на продуктивность растений, и максимально возможное снижение зависимости от погодных условий при одновременной экономии энергозатрат на их реализацию.

Результаты (Results)

При разработке технологий второго поколения следует учитывать, что переход на более высокий уровень технологий не изменит правил и законов разработки непосредственно самих рабочих органов. Поэтому основным воздействующим принципом на почву останется ее деформация и изменение плотности сложения в результате воздействия этой деформации. Соответственно, основное внимание должно быть прежде всего направлено на оптимизацию сложения почвы.

Основная сложность реализации поставленной задачи заключается в том, что в принципе растениям для высокой продуктивности нужна не какая-то определенная величина плотности почвы, а необходимо соответствие плотности и режима увлажнения. То есть плотность почвы в пахотном слое должна динамично изменяться вслед за изменением ее влажности.

Второй особенностью подавляющего большинства почв Российской Федерации является то, что величина равновесной плотности почвы больше величины оптимальной плотности, обеспечивающей высокую продуктивность растений. И обеспечиваться эта оптимальная плотность должна в слоях ниже уровня заделки семян при посеве, причем «поддерживаться» эта плотность должна непосредственно от посева до фазы развития растений «выход в трубку» [13, 14].

Кроме того, в соответствии с результатами исследований В. Ф. Трушина [15, с. 48–55]: «На гомогенно рыхлых, плотных и оптимальной плотности почвенных слоях высокий урожай не осуществим». Необходимо пахотному слою придавать не только оптимальную плотность. Эта плотность должна быть еще и дифференцирована по глубине обработанного слоя. В дальнейшем это положение было подтверждено как отечественными, так и зарубежными учеными и практиками [15].

Не вдаваясь в тонкости представленных ограничений, следует признать, что все они для регулирования плотности сложения почвы обуславливают необходимость глубокого механического рыхления почвы.

И при таких достаточно жестких начальных ограничениях необходимо разработать ресурсосберегающую технологию, еще и лишенную недостатков технологий первого уровня!

Тем не менее решение у данной задачи есть! При этом необходимо отказаться от обоих принципов формирования технологий первого уровня и практически перейти от применяемой сейчас «горизонтальной» минимизации обработки почвы к минимизации «вертикальной». Практически это будет означать, что не вся площадь поля будет обрабатываться на одинаковую глубину и с одинаковой интенсивностью.

Сделать поле целиком «всепогодным» даже теоретически невозможно. Поэтому было предложено [15, с. 89–105] разделить его на микроучастки, каждый из которых обеспечивал бы максимальную урожайность возделываемой культуры при определенном увлажнении. То есть предлагается компромисс ввиду невозможности компенсировать воздействие погодных условий полностью, обеспечить максимально возможную компенсацию. Взаимовлияние и взаимодействие участков друг с другом позволит повысить адаптивность (а значит и продуктивность) всего поля в целом.

Все злаковые культуры являются культурами-мезофитами, требующими для своего развития достаточного количества влаги, с другой стороны, обработка почвы – это всего лишь технологический прием, который не может добавить количества влаги в почве, а служит

для оптимизации среды обитания растений. Поэтому при продолжительной и «глубокой» засухе снижение урожайности неизбежно. Предлагаемое усовершенствование обработки направлено на сглаживание влагообеспеченности растений между периодами выпадения осадков различной интенсивности и их отсутствием.

Практически предлагается в процессе обработки почвы создавать в пахотном слое участки с разной плотностью почвы. Наименее технически сложно формировать рыхлые и плотные участки (рассчитанные соответственно на избыток и недостаток осадков). При этом участки можно размещать в плане в виде мозаики (шахматной доски) или (в упрощенном варианте) формировать из них полосы. Соответственно полоса рыхлая, полоса плотная («стыки» участков, имеющих «переходную плотность» будут обеспечивать оптимальную урожайность в годы со среднемноголетним увлажнением).

Размеры участков должны зависеть от региона применения технологии. Чем больше в регионе выпадает осадков, тем больше должна быть суммарная площадь «рыхлых» участков, которая в процентном отношении должна быть не ниже чем количество лет с избытком осадков. При этом размеры единичного участка с уплотненной почвой должны исключать возможность снижения продуктивности растений при повышенном увлажнении [15; 16, с. 25–36]. Более того, если естественная плотность почвы совпадает с необходимой плотностью одного из участков, то возможно дополнительная экономия энергоресурсов при переходе на сочетание «обработанный участок – не обработанный». Например, в Нечерноземной зоне равновесная плотность почвы «благоприятна» для выращивания зерновых в условиях недостатка увлажнения, соответственно обрабатывать (рыхлить) можно только участки, требующие уменьшения плотности. А на южных черноземах с равновесной плотностью 1,0–1,1 г/см^3 – участки, плотность которых соответствует необходимой плотности при избытке осадков, можно регулировать (уплотнять, а не рыхлить!) плотность участков, требующих увеличения плотности, практически используя для этого технологию «прямого посева» с созданием уплотненных полос с помощью ходовых систем тракторов.

При применении предлагаемой технологии в регионах с интенсивным выпадением осадков может потребоваться отказаться от участков с мелкой обработкой почвы и тогда она трансформируется в традиционную технологию на базе вспашки. В случае значительного недостатка осадков нельзя исключать полный отказ от глубокой обработки почвы. В этом случае предлагаемая технология трансформируется в известную технологию «прямого посева». Таким образом, известные технологии первого уровня являются «частным случаем» предлагаемой обработки, когда размеры одного из участков становятся равными «нулю».

Для того чтобы высказанная гипотеза приблизилась к статусу теории, были проведены практические исследования. При предварительных исследованиях установлено влияние размеров различно уплотненных участков на продуктивность яровых зерновых, позволивших сконструировать агрегат с полосным размещением различно уплотненных участков. Сравнительные испытания предлагаемой технологии с традиционными технологиями первого уровня (на базе вспашки и минимальной обработки) проводились на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Прибавка урожайности ячменя при использовании новой технологии составила до 11 % по сравнению с технологией на базе вспашки и до 20 % по сравнению с минимальной обработкой [15], яровой пшеницы – соответственно 15 % и 23 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Представленные материалы показывают, что развитие технологий первого уровня происходило в направлении систематического снижения затрат на их реализацию, так как на первое место всегда ставились возможности человека при подготовке производства. За это приходилось «расплачиваться» нестабильностью производства и низкой инвестиционной привлекательностью отрасли. Одновременно дальнейшее увеличение урожайности все чаще ограничивается фактором влияния среды обитания растений. Кроме того, технологии первого поколения не могут быть применены для снижения экономических и агроэкологических рисков, обусловленных неблагоприятными конъюнктурными, технологическими, климатическими и погодными изменениями, так как в них отсутствуют необходимые для этого возможности. То есть они не могут быть применены в том числе и для реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации и концепции ООН перехода к устойчивому сельскому хозяйству. А значит, в обществе уже сформировался социальный заказ на разработку технологии следующего поколения, переход на которую – вопрос времени.

Библиографический список

1. Сафин Х. М., Фахрисламов Л. С., Мударисов А. Ш. [и др.] Агротехнические особенности использования Strip-till технологии в растениеводстве (рекомендации производству). Уфа: Мир печати, 2017. 44 с.
2. Darapuneni M. K., Lauriault L. M., Dodla S. K., Idowu O. J., Grover K., Martinez G., Djaman K., Angadi S. V. Temporal variations in plant and soil characteristics following strip-till manure application // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 194. DOI: 10.1016/j.still.2019.104350.
3. Strip Till технология – Стрип-Тилл.РФ [Электронный ресурс] // Ньютехагро – поставка сельскохозяйственной техники. URL: https://www.newtechagro.ru/catalog/strip_till_tehnologiya__striptillrf.html (дата обращения: 16.03.2015).
4. Киргинцев Б. О., Кокошин С. Н. Strip-till (Стрип-тилл) как перспективная технология возделывания зерновых культур в Тюменской области // Молодой ученый. 2015. № 6.5. URL https://moluch.ru/archive/86/16708/ (дата обращения: 26.11.2019).
5. Keller T., Sandin M., Colombi T., Horn R., Or D. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 194. DOI: 10.1016/j.still.2019.104293.

6. Chamena W. C. T., Moxeyb A. P., Towersc W., Balanac B., Hallettd P. D. Mitigating arable soil compaction: a review and analysis of available cost and benefit data // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 146. Part A. DOI: 10.1016/j.still.2014.09.011.
7. Кулен А., Куиперс Х. Современная земледельческая механика / Пер. с англ. А. Э. Габриэляна. М.: Агропромиздат, 1986. 349 с.
8. Конищев А. А., Гарифуллин И. И., Конищева Е. Н. Исследование причин, побуждающих к переходу на минимизированные обработки почвы // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4 (183). С. 4–11, DOI: 10.32417/article_5cf94af50de060.92269562.
9. Гонова О. В., Малыгин А. А., Лукина В. А. Комплексный анализ кадрового потенциала и оценка социального развития сельских территорий Ивановской области // Современные наукоемкие технологии (региональное приложение). 2018. № 1 (53). С. 25–30.
10. Литвинов С. С., Чутчева Ю. В., Разин А. Ф. Шатилов М. В. Ценовой фактор в производстве свеклы столовой // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 4. С. 68–71.
11. Шумаков Ю. Н., Тушканов М. П. Повышение престижа сельскохозяйственного труда – важное условие развития сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России, 2018. № 3. С. 23–27.
12. Бутов А. М. Рынок сельскохозяйственных машин [Электронный ресурс] // Институт «Центр развития». URL: https://dcenter.hse.ru/data/2016/12/29/1114670197/Рынок сельскохозяйственных машин 2016.pdf (дата обращения: 27.09.2019).
13. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А., Конищев А. А., Гарифуллин И. И. Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности» почвы с урожайностью зерновых культур // Агрофизика. 2017. № 4. С. 16–24.
14. Конищев А. А., Перфильев Н. В., Гарифуллин И. И. Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности сложения» с влажностью почвы и урожайностью ячменя // Агрофизика. 2019. № 2. С. 25–31. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.02.04.
15. Конищев А. А. Обработка почвы: вчера; сегодня; завтра. Иваново: Ивановская ГСХА имени академика Д. К. Беляева, 2013. 127 с.
16. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева / Под ред. А. Л. Иванова, В. И. Кирюшина. М.: Издательство МБА, 2019. 136 с.

Об авторах:
Алексей Алексеевич Конищев, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
ORCID 0000-0002-9893-6071, AuthorID 609591; *aleksei.konishev2010@yandex.ru*
[1] Ивановский филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, Иваново, Россия

Past and future for tillage for grain crops

A. A. Konishchev[1]✉
[1] **Ivanovo branch of the Upper Volga Federal Agricultural Research Center, Ivanovo, Russia**
✉*E-mail: aleksei.konishev2010@yandex.ru*

Abstract. **The purpose** of the research is to show and explain why it is impossible to eliminate anthropogenic soil compaction and reduce the dependence of crop productivity on the weather conditions of the growing season with the help of first-generation soil cultivation technologies. **Methods**. To achieve this goal, the analysis of the impact of the results of the application of first-generation technologies on the yield of cultivated crops. On the basis of which, with the help Of the theory of solving inventive problems, the laws of creating second-level technologies are developed and the directions of their implementation are determined. **The scientific novelty** lies in the development of a new direction of improving the technology of soil cultivation for crops. **Results.** It is established that the creation of the first generation of technologies took place on the "layer-plane" principle, implemented according to the scheme "deep-less deep-very shallow". Given that plants for maximum productivity does not need any specific soil density, and requires an optimal combination of density and moisture regime, this led to a chronic predisposition of the first generation technologies to anthropogenic soil compaction and complete dependence of crops on current weather conditions. It is possible to eliminate the specified lacks at transition to technologies of the second level. By abandoning today's "horizontal" principle of minimizing processing, and moving to minimize the "vertical", when not all the area of the field will be processed to the same depth and with the same intensity. In practice, this is realized by dividing the entire area of the field into many micro plots, each of which creates a soil density that provides maximum yield under a particular regime of moisture. Mutual influence and addition of sites to each other reduces the overall dependence of crop yield on weather conditions of the growing season. The increase in barley yield is up to 11 % compared to the technology based on plowing and up to 20 % compared to the minimum processing. Spring wheat, respectively: 15 % and 23 %.
Keywords: tillage, plowing, minimum tillage, sequence of operations, effect of tillage on plant productivity, soil density, crop yield, weather conditions

For citation: Konishchev A. A. Proshloye i budushcheye obrabotki pochvy pod zernovyye kul'tury [Past and future for tillage for grain crops] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 03 (194). Pp. 21–27. DOI: … (In Russian.)

Paper submitted: 22.11.2019.

References

1. Safin Kh. M., Fakhrislamov L. S., Mudarisov A. Sh. [et al.] Agrotekhnicheskiye osobennosti ispol'zovaniya Strip-till tekhnologii v rasteniyevodstve (rekomendatsii proizvodstvu) [Agrotechnical features of the use of Strip-till technology in crop production (recommendations)]. Ufa: Mir pechati, 2017. 44 p. (In Russian.)
2. Darapuneni M. K., Lauriault L. M., Dodla S. K., Idowu O. J., Grover K., Martinez G., Djaman K., Angadi S. V. Temporal variations in plant and soil characteristics following strip-till manure application // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 194. DOI: 10.1016/j.still.2019.104350.
3. Strip Till tekhnologiya – Strip-Till.RF [Strip Till Technology – Strip Till.RF] [e-resource] // N'yutekhagro – postavka sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. URL: https://www.newtechagro.ru/catalog/strip_till_tehnologiya__striptillrf.html (appeal date: 16.03.2015). (In Russian.)
4. Kirgintsev B. O., Kokoshin S. N. Strip-till (Strip-till) kak perspektivnaya tekhnologiya vozdelyvaniya zernovykh kul'tur v Tyumenskoy oblasti [Strip-till as a promising technology of cultivation of grain crops in the Tyumen region] // Molodoy uchenyy. 2015. No. 6.5. URL: https://moluch.ru/archive/86/16708 (appeal date: 26.11.2019). (In Russian.)
5. Keller T., Sandin M., Colombi T., Horn R., Or D. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 194. DOI: 10.1016/j.still.2019.104293.
6. Chamena W. C. T., Moxeyb A. P., Towersc W., Balanac B., Hallettd P. D. Mitigating arable soil compaction: a review and analysis of available cost and benefit data // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 146. Part A. DOI: 10.1016/j.still.2014.09.011.
7. Koolen A., Kuipers H. Sovremennaya zemledel'cheskaya mekhanika [Modern agricultural mechanics] / Translated from English by A. E. Gabrielyan. Moscow: Agropromizdat, 1986. 349 p.
8. Konishchev A. A., Garifullin I. I., Konishcheva E. N. Issledovaniye prichin, pobuzhdayushchikh k perekhodu na minimizirovannyye obrabotki pochvy [Research of the reasons inducing to transition to the minimized tillage]. // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 4 (183). Pp. 4–11. DOI: 10.32417/article_5cf94af50de060.92269562. (In Russian.)
9. Gonova O. V., Malygin A. A., Lukina V. A. Kompleksnyy analiz kadrovogo potentsiala i otsenka sotsial'nogo razvitiya sel'skikh territoriy Ivanovskoy oblasti [Comprehensive analysis of human resources and assessment of the social development of rural areas of the Ivanovo region] // Modern High Technologies. Regional Application. 2018. No. 1 (53). Pp. 25–30. (In Russian.)
10. Litvinov S. S., Chutcheva Yu. V., Razin A. F. Shatilov M. V. Tsenovoy faktor v proizvodstve svekly stolovoy [Price factor in the production of beetroot] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2017. No. 4. Pp. 68–71. (In Russian.)
11. Shumakov Yu. N., Tushkanov M. P. Povysheniye prestizha sel'skokhozyaystvennogo truda – vazhnoye usloviye razvitiya sel'skogo khozyaystva [Increasing the prestige of agricultural labor – an important condition for the development of agriculture] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2018. No. 3. Pp. 23–27. (In Russian.)
12. Butov A. M. Rynok sel'skokhozyaystvennykh mashin [Agricultural machinery market] [e-resource] // Centre of Development Institute. URL: https://dcenter.hse.ru/data/2016/12/29/1114670197/Рынок сельскохозяйственных машин 2016.pdf (appeal date: 27.09.2019). (In Russian.)
13. Perfil'yev N. V., V'yushina O. A., Konishchev A. A., Garifullin I. I. Issledovaniye vzaimosvyazi "optimal'noy plotnosti" pochvy s urozhaynost'yu zernovykh kul'tur [Study of the relationship of "optimal density" of soil with the yield of grain crops] // Agrophysica. 2017. No. 4. Pp. 16–24. (In Russian.)
14. Konishchev A. A., Perfil'yev N. V., Garifullin I. I. Issledovaniye vzaimosvyazi "optimal'noy plotnosti slozheniya" s vlazhnost'yu pochvy i urozhaynost'yu yachmenya [Study of the relationship of "optimal addition density" with soil moisture and barley yield]. // Agrophysica. 2019. No. 2. Pp. 25–31. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.02.04. (In Russian.)
15. Konishchev A. A. Obrabotka pochvy: vchera; segodnya; zavtra. [Tillage: yesterday; today; tomorrow]. – Ivanovo: Ivanovskaya GSKHA imeni akademika D. K. Belyayeva, 2013. 127 p. (In Russian.)
16. Metodicheskiye rekomendatsii po razrabotke minimal'nykh sistem obrabotki pochvy i pryamogo poseva [Guidelines for the development of minimum systems of soil cultivation and direct sowing] / Under the editorship of A. L. Ivanov, V. I. Kiryushin. Moscow: Izdatel'stvo MBA, 2019. 136 p. (In Russian.)

Authors' information:
Aleksey A. Konishchev[1], candidate of technical sciences, leading researcher,
ORCID 0000-0002-9893-6071, AuthorID 609591; *aleksei.konishev2010@yandex.ru*
[1] Ivanovo branch of the Upper Volga Federal Agricultural Research Center, Ivanovo, Russia