

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ ПОД ПОСАДКУ ХМЕЛЯ****П.А. Смирнов, А.Г. Терентьев, Н.Н. Пушкаренко, М.П. Смирнов,  
А.Р. Валиев, М.Н. Калимуллин**

**Реферат.** На сегодняшний день подготовка почвы под хмельник машинами для реализации традиционной технологии производства хмеля невозможна, поскольку их не осталось, и никто не производит. В связи с этим, разработана прогрессивная технология выращивания хмеля и перспективные машины для ее реализации, в том числе для энергосберегающей обработки почвы под хмельник. В качестве основной обработки предложена двукратная полосная обработка почвы под рядки хмеля комбинированным глубокорыхлителем-дренером. Она осуществляется с одновременным внесением сжиженного бесподстильного навоза в дозе 100...120 т/га в подпахотную зону на глубину от 0,20 до 0,60 м. Внесение бесподстильного навоза продиктовано массовым переходом крупных животноводческих хозяйств на такое содержание животных. В почве разжиженный бесподстильный навоз заполняет дренажный канал и прилегающие к нему почвенные поры, активизирует деятельность микроорганизмов и почвенные биохимические процессы. Полосное рыхление комбинированной машиной позволяет сократить энергоемкость обработки, по сравнению со сплошной вспашкой плантажными плугами, на 57 % и исключить операцию внесения подстильного навоза с последующей отвальной заделкой. В качестве предпосадочной подготовки почвы предложена обработка комбинированными стерневыми культиваторами типа КСТ-3,8 и их аналогами с заделкой до 75% измельченных сидератов, качественным выравниванием и крошением почвы. Перемешивание и выравнивание поверхности поля обеспечивают афронтальные диски за последним рядом плоскорезающих лап, крошение – ребристый каток. Замена вспашки плугами общего назначения и последующего выравнивания культивацией позволяет сократить энергоемкость предпосадочной обработки почвы на 45...50 %. Базовым энергетическим средством для основной обработки почвы в хмельниках может быть отечественный трактор БТЗ-243к.

**Ключевые слова:** хмель, хмельник, основная обработка, плантажная вспашка, предпосадочная обработка, глубокорыхлитель-дренер, технологическая колея, стерневой культиватор.

**Введение.** Подготовка почвы под хмельник весьма ответственная и энергоемкая задача, направленная на формирование оптимального корнеобитаемого слоя с необходимыми питательными веществами, почвенным воздухом и влагой в течение всей продолжительности использования хмельника (15...17 лет) [1, 2, 3]. Комплекс мероприятий по подготовке почвы подразделяют на основную и предпосадочную [4, 5, 6]. Поскольку подготовка почвы под хмельник продолжается почти 1,5 года, указанное разделение достаточно условно. В исследовании в качестве «основной обработки» принята «наиболее глубокая обработка почвы после уборки предшественника». Такую операцию проводят дважды, во второй раз непосредственно перед посадкой саженцев хмеля. Таким образом, предпосадочная подготовка почвы включает только культивацию и выравнивание [2, 3, 7].

По традиционной технологии основная обработка почвы под хмельник проводится за два года. Начинается она в предпосадочный год с лущения стерни дисковыми лущильниками, затем проводится плантажная вспашка на глубину 0,45...0,50 м. Эта операция обеспечивает более глубокое распространение корневой системы, лучший рост и развитие растений, а также увеличение продуктивности, по сравнению со вспашкой плугами общего назначения (ПЛН 4-35). Перечисленные операции обязательны для всех видов почв [2].

Весной следующего года проводится закрытие влаги зубовыми боронами, культивация и посев сидеральных культур, которые скашивают в фазе цветения. Далее проводят повторное глубокое рыхление плантажным

плугом со снятыми отвалами на глубину до 0,6 м. Вносят органические (навоз, компост в дозе 100...120 т/га) и минеральные (фосфорное и калийное в дозе 180...250 кг/га) удобрения. Заделку сидератов, органических и минеральных удобрений проводят плугами общего назначения на глубину 0,24 м. Следующие операции – предпосадочные [2, 3, 4].

На сегодняшний день в хмелеводческих хозяйствах практически отсутствуют или находятся в неисправном состоянии рекомендованные для выполнения перечисленных операций плантажные плуги ППН-40, ППН-50 и рыхлители-кратователи РК-1,2, РН-40 и РН-85, культиваторы-щелерезы и культиваторы-глубокорыхлители ЩУН-2,5, КПТ-250 и др. [6, 8].

В качестве альтернативы для закладки хмельников на тяжелоглинистых дерново-подзолистых почвах Чувашской Республики, Республики Марий Эл и Пензенской области, предлагается траншейный способ, который заключается во вскапывании траншеи глубиной до 0,60 м под проектные рядки хмеля. Затем в нее вносят смесь почвы, торфа и навоза (в дозе 50...60 т/га) в соотношении 1:1:1 и минеральные удобрения (120...140 кг/га д.в.). Далее траншею засыпают и выравнивают тяжелыми культиваторами в поперечном направлении [2]. Такой способ восстановления старых хмельников с междурядьем 2,5 м весьма затратен, поскольку на участке площадью 2,5 га (средний размер плантации) необходимо провести земляные работы на расстоянии приблизительно 10 км. Для таких целей более приемлемы роторные или роторно-ковшовые экскаваторы, но они есть в ограниченном количестве только в газотранспортных

и монтажных организациях.

По результатам анализа раздела «Машины для хмелеводства» системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981–1990 гг. [8], на сегодняшний день не удалось обнаружить выпускаемые машины и их возможные аналоги, а также производителей такой техники и их преемников. При этом почти вся научная и научно-популярная литература по хмелю основана на традиционной технологии, которая по содержанию служит продолжением ручной технологии конца 50-х и начала 60-х гг. прошлого столетия [1, 2, 3]. По мере механизации отдельных операций в растениеводстве соответствующие машины и орудия (культиваторы, опрыскиватели, опыливатели и др.) приспособлялись для хмелеводства. Однако в целом, технология как была, так и осталась ручной. Поэтому возникла необходимость в разработке прогрессивной технологии с максимально возможной механизацией и автоматизацией всех процессов, и соответственно, машины для этого.

Цель исследования – разработка рекомендаций по равноценной замене традиционной технологии производства хмеля и устаревшей системы машин для подготовки почвы с существенным снижением энергетических затрат.

**Условия, материалы и методы.** В результате проведенных исследований была разработана современная конструкция хмельника и прогрессивная технология выращивания культуры [9, 10], адаптированная к применению механизированных и автоматизированных работ до 85...90% [11]. Тогда как на сегодняшний день уровень механизации в отрасли составляет 55...60% [9, 10]. Предпосылками для разработки прогрессивной технологии послужили детальные измерения конструкции восстановленной шпалеры старого хмельника, по результатам которых были установлены следующие отклонения:

от прямолинейности расположения столбов шпалеры –  $\pm 0,4...0,5$  м;

от вертикальности столбов в вертикально-поперечной плоскости –  $0,20...0,30$  м;

от прямолинейности продольной проволоки для подвязки поддержек –  $\pm 0,75...1,0$  м; расположения высоты шпалеры –  $\pm 0,25...0,30$  м.

Перечисленные погрешности оказывают непосредственное влияние на операции при проведении основной обработки почвы. Например, при работе агрегата с плантажным плугом не допускаются резкие повороты во время объезда столбов шпалеры, что существенно затрудняется необходимостью соблюдения прямолинейности движения [6, 7]. Поэтому наиболее соответствующим требованиям кинематики агрегатов при работе на хмельниках представляется агрегатирование тракторов глубокорыхлителями.

Для исключения столбового ряда рекомендована посадка хмеля междурядьем 2,4 м и субмеждурядьем 0,9 м. В результате столбы

шпалеры остаются в субмеждурядье, Таким образом, исключается понятие «столбовой ряд» и группа машин для этого ряда [11], а перечисленные отклонения от прямолинейности рядов и вертикальности столбов хмельника компенсируются субмеждурядьем. Для повышения точности при внедрении полуавтоматических и автоматических процессов в междурядье прокладывается технологическая колея, которая служит более надежной основой для движителей трактора, чем разрыхленный пласт [11].

Первоначально был предложен следующий перечень операций обработки почвы под хмельник с учетом имеющихся в наличии машин. Осенью первого года проводятся:

дискование БДТ-3 (лушение);

дискование БДМ-3,6 (вспашка плугом ПН 3-35);

полосное глубокое рыхление с внесением бесподстилочного навоза.

На второй год:

культивация и посев сидератов комбинированной машиной;

скашивание, измельчение и укладка измельченной массы на планируемое субмеждурядье;

повторное полосное глубокое рыхление с внесением бесподстилочного навоза (птичьего помета);

сплошная вспашка на глубину 0,18...0,20 м с оборотом пласта и заделкой измельченных сидератов;

выравнивание (культиватор, дисковая борона);

посадка хмеля.

Кроме того, в ходе научно-исследовательских и изыскательских работ [9, 10, 11] мы установили, что в тракторной межколейной зоне на глубине пахотного слоя отсутствуют корни хмеля. Объясняется это тем, что на глубине поверхностной обработки (12...14 см) и ниже колея сильно уплотнена, поскольку по традиционной технологии тракторный агрегат проходит в междурядье хмеля в среднем 14 раз за сезон. Сильное уплотнение почвы по следу тракторного агрегата особенно характерно в весенний и осенний периоды, когда почва преимущественно находится во влажном состоянии [12, 13, 14].

На поперечном сечении хмельника были определены зоны интенсивного использования, уплотнения под движителями тракторов и сельскохозяйственных машин, неэффективного использования (рис. 1) [9, 12, 13]. При этом зоны неэффективного использования в межколейном участке и интенсивного использования охватывают субмеждурядье и часть междурядья с общей шириной до 1,33...1,50 м. Отметим, что чем уже колея трактора, тем больше зона интенсивного использования. Указанное разделение на зоны вполне вписывается в современную технологию «Strip-Till» [15].

По нашему мнению, основную обработку почвы под посадку хмельника необходимо

проводить только в зоне интенсивного использования и, соответственно, только в эту зону вносить основное и припосадочное удобрение [13, 14, 16]. В остальных зонах достаточно проводить мелкие, в основном, уничтожающую сорную растительность механические обработки. При выращивании сидератов на участке хмельника их скашивание необходимо проводить с измельчением и внесением только в зону интенсивного использования [16, 17]. В обозримом будущем с высокой долей вероятности можно ожидать значительного сокращения объемов подстилочного навоза с увеличением количества бесподстилочного навоза (БПН) [18]. Это мировая тенденция, которая уже наблюдается в передовых странах с интенсивным сельскохозяйственным производством. В рамках решения этой проблемы активизировано производство различных большегрузных машин для внесения БПН, разработаны соответствующие технологии [16, 17, 18]. Аналогичная тенденция наблюдается и в нашей стране – крупные животноводческие комплексы по производству молока, мяса КРС и свинины перешли на бесподстилочное содержание животных. Например, в ЗАО «Прогресс» Чебоксарского района Чувашской Республики весь навоз с комплекса по выращиванию свиней (проектная мощность 11 тыс. голов, д. Большие Мамыши) и двух откормочных цехов нетелей и бычков (приблизительно по 350 голов, д. Яныши) бесподстилочный.

С учетом изложенного, глубокое рыхление необходимо проводить, во-первых, в зоне интенсивного использования, во-вторых, с внесением бесподстилочного навоза. В рамках разработанной технология выращивания хмеля эти операции должны обеспечить внесение 100...120 т/га бесподстилочного навоза и 20 т/га сидератов. При наличии в хозяйстве достаточных объемов птичьего помета его внесение возможно при втором глубоком рыхлении. Подпахотное внесение перечисленных органических удобрений позволит существенно улучшить экологическую обстановку [17].

Первое глубокое рыхление проводится орудием с одним рабочим органом в год пред-

шествующий посадке хмеля по центру рядка (рис. 1). На следующий год выполняется вторая обработка орудием с двумя рабочими органами по предполагаемой технологической колее (рис. 2 и 3). Подразумевается, что каждая из них должна проводиться с внесением бесподстилочного навоза в дозе 100...120 т/га.

**Результаты и обсуждение.** Поскольку глубокорыхлитель представляет собой комбинированную машину, проведено структурное исследование узла глубокорыхлителя и узла по внесению БПН.

По Спирину А.П. [19] для сплошной обработки почвы тяговое сопротивление орудия  $R$  определяется как:

$$R = k_{cp} ab, \quad (1)$$

где  $k_{cp}$  – среднее удельное сопротивление почвы, Н/м<sup>2</sup>;

$a$  и  $b$  – глубина и средняя ширина обрабатываемого пласта, м.

Измерив длину гона  $L$  (м), можно определить затраты энергии  $A$ :

$$A = k_{cp} abL, \quad (2)$$

Для сравнительной оценки А.П. Спиринов предлагает использовать удельную энергоёмкость сплошной обработки участка  $E$ . Таким образом, после преобразований получим:

$$E = \frac{A}{Lb} = 10k_{cp} a, \text{ кДж / га} \quad (3)$$

где 10 – коэффициент перевода в кДж и га;  
 $n$  – число проходов на участке, шт.

Поскольку, согласно рабочей схеме (рис. 1), число проходов в зоне интенсивного использования по отношению к зонам уплотнения и неэффективного использования составляет в среднем 3:4, то в общем случае доля полосной обработки почвы составляет 42,9% от сплошной обработки. Для полосной обработки выражение (1) преобразуется следующим образом:

$$E = \frac{10000k_{cp} a(0,429n)bL}{1000nbL} = 4,29k_{cp} a, \text{ кДж / га} \quad (5)$$

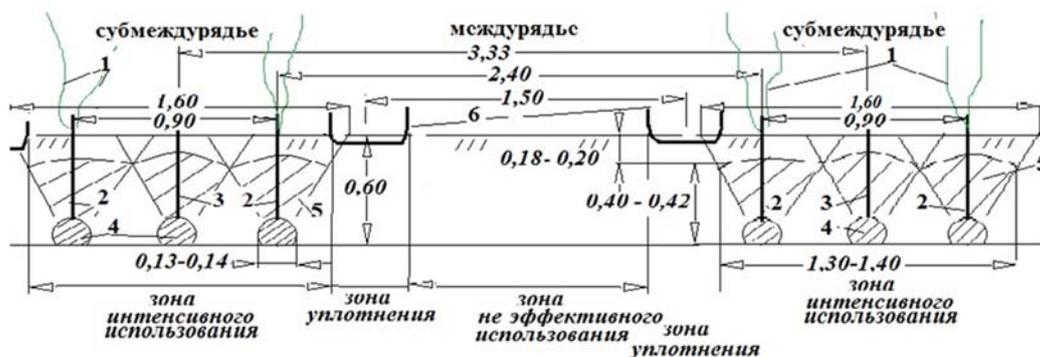


Рис. 1 – Схема расположения зон интенсивного использования, уплотнения, неэффективного использования и глубокого рыхления при основной обработке почвы под хмельник, м:  
1 – расположение полурядов хмеля; 2 – второе глубокое рыхление; 3 – первое глубокое рыхление;  
4 – кротовина, заполненная БПН; 5 – область заполнения пор почвы БПН;  
6 – технологическая колея в междурядье.

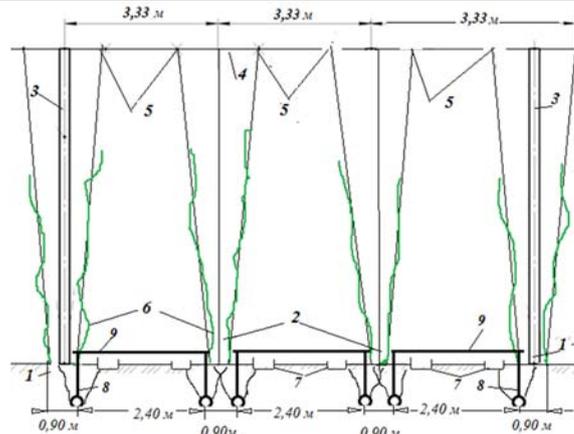


Рис. 2 – Схема размещения хмеля с междурядьем 2,4 м (фронтальный вид) и размеры глубокорыхлителя-кротователя для повторной обработки: 1 – столбовой ряд; 2 – не столбовой ряд; 3 – столбы; 4 и 5 – поперечная и продольная шпалеры; 6 – стебель хмеля; 7 – технологическая колея; 8 – рабочий орган глубокорыхлителя-кротователя; 9 – рама глубокорыхлителя

Общий объем БПН, заполняющий дренажный канал и прилегающие поры почвы, можно рассчитать, как сумму объема дренажа и прилегающих почвенных пор без учета объема комков почвы, обвалившихся вовнутрь дренажа,  $\text{дм}^3$ :

$$V = V_q + V_n - V_k, \quad (6)$$

где  $V_q$  – объем дренажа,  $\text{дм}^3$ ;  
 $V_n = f(m)$  – объем прилегающих пор почвы, заполняемых в течение 1...2 с во время прокладки и заполнения дренажа,  $\text{дм}^3$ ;  
 $m = 0,3...0,9$  – пористость почвы;  
 $V_k = (0,15...0,20)$  – объем обваливающихся комков внутри дренажа при его прокладке,  $\text{дм}^3$ .

Объем дренажа  $V_q$  зависит от поперечного сечения дренажного канала или дренира. Объем БПН  $V_n$ , заполняющий прилегающие к дренажному каналу поры почвы, должен быть ограничен глубиной последующей вспашки 0,18...0,2 м (рис. 1), так как вынос заделанного навоза на поверхность нежелателен. Следует отметить, что хмельники преимущественно располагаются на горизонтальных ровных участках, поэтому стекания БПН в кротовинах

по микросклону, в ложбины и другие макро-неровности участка не происходит. Соответственно, отсутствует необходимость установки на глубокорыхлитель дополнительных приспособлений с целью создания перемычек между дренажными каналами.

Известно, что заполнение пор в почве зависит от коэффициента пористости и динамической вязкости БПН. На основании проведенных исследований установлено, что для самотечного внесения БПН (влажность 88...99%) его необходимо разжижать до 92%. Для этого требуется дополнительно около 40  $\text{м}^3$  технической воды на 100  $\text{м}^3$  вносимого навоза. Сжиженный БПН распространяется в разрыхленной почве глубже и шире, увеличивая  $V_n$ .

В Чувашском ГАУ был изготовлен опытно-экспериментальный глубокорыхлитель-дренер (рис. 3) и проведены его технологические испытания [9, 10]. Условия испытаний были следующими: агрофон – стерня пшеницы, обработанная БДМ-3,6 на среднюю глубину 0,17 м; влажность почвы  $\omega_a = 21,6...23,05\%$ . Испытания проводили сжиженным бесподстилочным навозом при самотечном сливе в дренажный канал. Регулирование дозы внесения осуществляли дросселирующим краном. Было

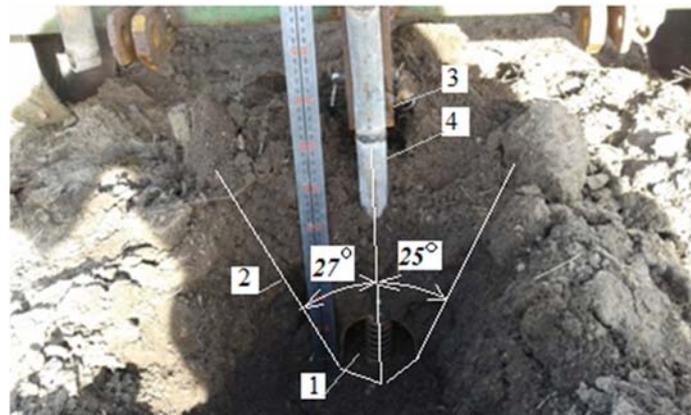


Рис. 3 – Вертикальный разрез разрушенной почвы на глубине 0,40...0,45 м после прохода экспериментального глубокорыхлителя-дренира: 1 – дренажный канал; 2 – зона распространения видимых трещин и разрушения почвы; 3 – стойка глубокорыхлителя; 4 – канал подвода БПН

установлено, что угол распространения видимых трещин и разрушения почвы глубокихлителем составляет около  $\delta = 25...27^\circ$ . На глубине 0,45 м дренажный канал до заполнения сжиженным БПН был достаточно прочным. Однако присутствовали незначительные обрушения, на которые приходилось около 15...20% от объема канала. После полного заполнения канала с проникновением влаги в стенки последние разрушались. При этом выдавливания БПН на поверхность поля не наблюдалось.

Предварительные экспериментальные исследования подтвердили правильность внесения БПН, в том числе свежего и необеззараженного, в два приема в подпахотную зону. Для исключения последующего выдавливания БПН на поверхность после первого внесения по ряду второе проводили только по истечении приблизительно одного года. Для этого использовали спаренный глубокихлитель-дренер, работающий по полурядам (рис. 1).

Согласно предлагаемой технологии подпахотная зона никогда не оборачивается на поверхность почвы и не представляет опасности для экологии. На глубине 0,2...0,6 м БПН обеззараживается в результате естественной санации почвы [18, 19]. Глубокое рыхление значительно улучшает аэрацию почвы после впитывания БПН, активизирует деятельность микроорганизмов и биохимических процессов в почве, причем на всю глубину рыхления 0,60 м.

Доза внесения БПН 120 т/га распределяется на каждое субмеждурядье хмельника длиной 250 м приблизительно по 3,5...4,0 т. Следовательно, на задний мост трактора БТЗ-243К необходимо монтировать резервуар объемом 4,0 м<sup>3</sup> для аккумуляции БПН и подачи его в глубокихлитель-дренер. Подвоз БПН и его перегрузку можно осуществлять с использованием распространенного агрегата Т-150К+РЖТ-8.

Финишная сплошная вспашка хмельника плугами общего назначения для заделки измельченных сидератов может быть заменена обработкой современными стерневыми культиваторами типа КСТ-3,8 [20]. Результаты исследований по сохранению мульчи на поверхности почвы при использовании подобных орудий свидетельствуют о том, что на поверхности поля остается всего 25,3% стерни. При этом весь обрабатываемый пласт хорошо перемешивается. Выравнивание поверхности обработанного поля обеспечивают афронтальные и наклонные сферические диски, установленные за последним рядом плоскорежущих лап. Очевидные преимущества стерневого культиватора по сравнению с отвальным плугом заключаются в том, что, во-первых, КСТ-3,8 не оставляет свальных гребней и развалных борозд, во-вторых, он более маневренен в ограниченном пространстве хмельника [20].

Измерения глубины обработки культиватором КСТ-3,8 при агрегатировании с разными тракторами показали, что в паре с МТЗ-1221

глубина составляет 15,0...16,0 см, с ХТЗ-17221 (Т-150К) – 19,0...20,0 см, с CLAAS-Atles 926 – более 20,0 см. Последние значения глубины обработки вполне соответствует агротехническим требованиям предпосадочной обработки хмельника и достаточны для заглабления сошника хмелепосадочной машины.

Тяговые характеристики имеющихся в УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ тракторов БТЗ-243К, ХТЗ-17221 и Т-150К позволяют агрегатировать их как с глубокихлителем, так и со стерневым культиватором типа КСТ-3,8. К сожалению, в открытом доступе недостаточно данных по нормам выработки и расходу топлива современных тракторов с различными орудиями. Поэтому с учетом данных по расходу топлива при работе наиболее близкого культиваторного агрегата Т-4А+КПЭ-3,8 (КРГ-3,6) можно ожидать экономию топлива, по сравнению со вспашкой, до 45...60%.

Таким образом, предлагаемая технология позволяет одновременно проводить сплошную вспашку с оборотом пласта с заделкой измельченных сидератов и выравнивание. Отметим, что разрыв между операциями скашивания и укладки измельченной массы в зону интенсивного использования, глубокого рыхления и культивации недопустим, их необходимо выполнять за одну рабочую смену.

Следует отметить, что на сегодняшний день по предлагаемой технологии восстановлены хмельники на площади 3,7 га в УНПЦ «Студенческий» Чувашского ГАУ, а также 4,0 га – в КСХП им. космонавта А.Г. Николаева Мариинско-Посадского района Чувашской Республики.

**Выводы.** Из-за отсутствия плантажных плугов и других рекомендованных машин при закладке новых и восстановлении старых хмельников рекомендовано использование комбинированных глубокихлителей-денеров с одновременным внесением 120...140 т/га бесподстилочного навоза. Замена сплошной вспашки плантажными плугами на полосное рыхление указанным глубокихлителем-дренером позволяет сократить энергоемкость обработки почвы на 57% и исключает из технологического процесса отдельную операцию по внесению органических удобрений. Операции предпосадочной вспашки с целью заделки сидератов, навоза и выравнивания поверхности почвы заменены на обработку стерневым культиватором типа КСТ-3,8. Согласно результатам экспериментальных исследований указанный культиватор заделывает до 75 % сидеральной массы, а также обеспечивает экономии до 45...60 % дизельного топлива. Экспериментальный комбинированный глубокихлитель-дренер успешно прошел испытания на вновь восстанавливаемых хмельниках.

Литература

1. Медведев В. И., Казаков Ю. Ф., Васильев А. О. и др. Современный уровень механизации возделывания хмеля в Чувашской Республике: проблемы и направления развития // Вестник Международной академии аграрного образования. 2017. №37. С. 27–31.
2. Александров Н. А., Рупошев А. Р. Агробиологические основы возделывания и производства хмеля в Российской Федерации. М.: Новое время, 2018. 648 с.
3. Милоста Г. М., Лапа В. В. Агробиологические основы выращивания хмеля в Республике Беларусь: монография. Гродно: ГГАУ, 2010. 286 с.
4. Перспективная ресурсосберегающая технология производства хмеля: Методические рекомендации / А. С. Якимов, А. Н. Смирнов, С. С. Данилов и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 52 с.
5. Захаров А. И. Интенсификация технологии возделывания хмеля // Успехи современного естествознания. 2016. № 1. С. 76–80
6. Акимов А. П., Майоров К. П. Машины для возделывания хмеля. М.: Агропромиздат, 1988. 135с.
7. Шучкин Н. В. Лемешные плуги и лущильники. М.: Машгиз, 1952. 291 с.
8. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981-1990 годы. Часть 1 «Растениеводство» / В. И. Черноиванов, Н. А. Столбушкин, В. К. Фрибус и др. М.: ЦНИИТЭИ, 1982. 850 с.
9. Инженерно-технические резервы интенсификации возделывания хмеля в Чувашской Республике: монография / Н. Н. Пушкаренко, П. А. Смирнов, А. В. Коротков и др. Чебоксары: ЧГСХА, 2018. 356 с.
10. Проведение научных исследований в области механизации хмелеводства и разработка комплекса агрегатов для возделывания хмеля: отчет о выполнении тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательской работы по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2017 году / П. А. Смирнов, Н. Н. Пушкаренко, Р. В. Андреев и др. Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2018. 196 с.
11. Коротков А. В., Пушкаренко Н. Н. Использование хмелепосадочной машины при выращивании посадочного материала и закладке новых насаждений хмеля // В сборнике: Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Материалы III Международной научно-практической конференции. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2021. С. 75–79.
12. Смирнов П. А., Пушкаренко Н. Н., Акимов А. П. и др. Результаты исследования уплотнения двигателя тракторов междурядья хмельника // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. №2 (49). С. 131–138.
13. Егоров В. П., Акимов А. П., Пушкаренко Н. Н. Корпус плуга для почвозащитных технологий // Сельский механизатор. 2019. №9. С. 16–17.
14. Justification of non-power rotational working body for «STRIP-TILL» / P. A. Smirnov, M. P. Smirnov, E. P. Alexeev, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 433. 012015. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/433/1/012015/> (дата обращения: 15.10.2021).
15. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом: монография / В. Ф. Федоренко, Ю. Ф. Лачуга, Л. С. Орск и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 144 с.
16. Черноиванов В. И., Ежевский А. А., Федоренко В. Ф. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2012. 284 с.
17. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения / Г. Кориат, М. Бельке, П. Ведекинд и др.; предисловие и перевод с нем. П. Я. Семенова. М.: Колос, 1979. 271 с.
18. Справочник агронома Нечерноземной зоны / Э. Д. Неттевич, К. И. Саранин, С. И. Шумичев и др. М.: Агропромиздат, 1990. 575 с.
19. Спирин А. П. Энергосберегающие приемы безотвальной обработки почвы // Техника в сельском хозяйстве. 1998. №4. С. 20–23.
20. Культиватор стерневой тяжелой КСТ 2,2м, КСТ 3,8, КСТ 5,5м. URL: <https://cheboksary.tiu.ru/p236267035-kultivator-sternevoj-tyazhelyj> (дата обращения: 15.10.2021).

**Сведения об авторах**

Смирнов Петр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов; e-mail: [smirnov\\_p\\_a@mail.ru](mailto:smirnov_p_a@mail.ru)  
 Терентьев Алексей Григорьевич – доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов; e-mail: [agterent@rambler.ru](mailto:agterent@rambler.ru)  
 Пушкаренко Николай Николаевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой транспортно-технологических машин и комплексов; e-mail: [stl\\_mstu@mail.ru](mailto:stl_mstu@mail.ru)  
 Смирнов Михаил Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: [sttmo@yandex.ru](mailto:sttmo@yandex.ru)  
 Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия  
 Валиев Айрат Расимович – доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации и ремонт машин; e-mail: [ayratvaliev@mail.ru](mailto:ayratvaliev@mail.ru)  
 Калимуллин Марат Назипович – доктор технических наук, профессор, e-mail: [marat-kmn@yandex.ru](mailto:marat-kmn@yandex.ru)  
 Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

**ENERGY-SAVING PREPARATION OF THE SOIL FOR PLANTING HOPS**  
**P.A. Smirnov, A.G. Terentyev, N.N. Pushkarenko, M.P. Smirnov, A.R. Valiev, M.N. Kalimullin**

**Abstract.** At present, the preparation of the soil for the hop plant with machines of traditional hop production technology is unrealistic, since there are no more hops and no one is producing them. In this regard, a progressive technology for growing hops and promising machines for them, including for energy-saving tillage for hops, have been proposed. As the main cultivation, two-strip soil cultivation was used for rows of hops with a combined subsoiler-drener developed at the Chuvash State Agrarian University. Moreover, loosening is carried out with the simultaneous introduction of liquefied litterless manure with a dose of 100-120 t / ha to the subsurface zone from 0.20 to 0.60 m. In the soil, liquefied litterless manure fills the drainage canal and the soil pores adjacent to the canal, activates the activity of microorganisms and soil biochemical processes. Row loosening with a combined machine allows to reduce the energy consumption of processing by 57% compared to continuous plowing with plantation plows and to exclude the operation of applying bedding manure with subsequent moldboard embedding. As a pre-planting soil preparation, cultivation with combined stubble cultivators of the KST-3,8 type and its analogues with the incorpora-

tion of crushed green manure (up to 75%), high-quality leveling and crumbling of the soil is proposed. Stirring and leveling of the field surface is provided by a frontal disc behind the last row of flat-cut tines, crumbling - by a ribbed roller. The maneuverability of such a cultivator in the cramped conditions of the hop is taken into account. Replacement of plowing operations with general purpose plows and subsequent leveling by a cultivator allows an additional 45-50% reduction in the energy intensity of pre-planting soil cultivation. The main energy source in the main tillage is the tractor BTZ-243k.

**Key words:** hops, hops, main cultivation, plantation plowing, pre-planting cultivation, subsoiler-drener, tramline, stubble cultivator.

#### References

1. Medvedev VI, Kazakov YuF, Vasiliev AO et al. Sovremennyy uroven' mekhanizatsii vozdeleyvaniya khmelya v Chuvashskoy Respublike: problem i napravleniya razvitiya. [The modern level of mechanization of hop cultivation in the Chuvash Republic: problems and directions of development]. Vestnik Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. 2017; 37. 27-31 p.
2. Alexandrov NA, Ruposhev AR. Agrobiologicheskiye osnovy vozdeleyvaniya i proizvodstva khmelya v Rossiyskoy Federatsii. [Agrobiological foundations of the cultivation and production of hops in the Russian Federation]. Moscow: Novoye vremya. 2018; 648 p.
3. Milosta GM, Lapa VV. Agrobiologicheskiye osnovy vyrashchivaniya khmelya v Respublike Belarus': monografiya. [Agr3. obiological foundations of hop growing in the Republic of Belarus: monograph]. Grodno: GGAU. 2010; 286 p.
4. Yakimov AS, Smirnov AN, Danilov SS et al. Perspektivnaya resursoberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva khmelya: Metodicheskiye rekomendatsii. [Promising resource-saving hop production technology: Methodical recommendations]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotech». 2008; 52 p.
5. Zakharov AI. Intensifikatsiya tekhnologii vozdeleyvaniya khmelya. [Intensification of hop cultivation technology]. Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2016; 1. 76-80 p.
6. Akimov AP, Mayorov KP. Mashiny dlya vozdeleyvaniya khmelya. [Hop cultivation machines]. Moscow: Agropromizdat. 1988; 135 p.
7. Shchuchkin NV. Lemeshnyye plugi i lushchil'niki. [Plowshares and stubble plows]. Moscow: Mashgiz. 1952; 291 p.
8. Chernoivanov VI, Stolbushkin NA, Fribus VK et al. Sistema mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na 1981-1990 gody. Chast' 1 «Rasteniyevodstvo». [The system of machines for the comprehensive mechanization of agricultural production for the years 1981-1990. Part 1 "Crop production"]. Moscow: CNITEL. 1982; 850 p.
9. Pushkarenko NN, Smirnov PA, Korotkov AV et al. Inzhenerno-tekhnicheskiye rezervy intensifikatsii vozdeleyvaniya khmelya v Chuvashskoy Respublike: monografiya. [Engineering and technical reserves of intensification of hop cultivation in the Chuvash Republic: monograph]. Cheboksary: ChGSHA. 2018; 356 p.
10. Smirnov PA, Pushkarenko NN, Andreev RV et al. Provedeniye nauchnykh issledovaniy v oblasti mekhanizatsii khmel'evodstva i razrabotka kompleksa agregatov dlya vozdeleyvaniya khmelya: otchet o vypolnenii temacheskogo plana-zadaniya na vypolneniye nauchno-issledovatel'skoy raboty po zakazu Minsel'khoza Rossii za schet sredstv federal'nogo byudzheta v 2017 godu. [Conducting scientific research in the field of mechanization of hop-growing and the development of a complex of aggregates for the cultivation of hops: a report on the implementation of the thematic task plan for the implementation of research work commissioned by the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the federal budget in 2017]. Cheboksary: FGBOU VO Chuvashskaya GSHA. 2018; 196 p.
11. Korotkov AV, Pushkarenko NN. Ispol'zovaniye khmeleposadochnoy mashiny pri vyrashchivanii posadochnogo materiala i zakladke novykh nasazhdeniy khmelya. [The use of a hop planting machine when growing planting material and laying new plantings of hops]. V sbornike: Perspektivy razvitiya mekhanizatsii, elektrifikatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva. Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chuvashskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Cheboksary, 2021; 75-79 p.
12. Smirnov PA, Pushkarenko NN, Akimov AP et al. Rezul'taty issledovaniya uplotneniya dvizhatelyami traktorov mezhduryad'ya khmel'nika. [Results of the study of compaction of the row spacing of the hop plants by tractor propellers]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018; 2 (49): 131-138 p.
13. Yegorov VP, Akimov AP, Pushkarenko NN. Korpus pluga dlya pochvozashchitnykh tekhnologiy. [Plow body for soil protection technologies]. Sel'skiy mekhanizator. 2019; 9. 16-17 p.
14. Smirnov PA, Smirnov MP, Alexeev EP, Prokopenko EV. [Justification of non-power rotational working body for "STRIP-TILL"]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020; C.012015. [cited 2021 December 15]. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/433/1/012015>.
15. Fedorenko VF, Lachuga YuF, Orsik LS et al. Tendentsii razvitiya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki za rubezhom: monografiya. [Trends in the development of agricultural machinery abroad: monograph]. Moscow: FGNU "Rosinformagrotech". 2004; 144 p.
16. Chernoivanov VI, Ezhevsky AA, Fedorenko VF. Mirovyye tendentsii mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya intellektual'nogo sel'skogo khozyaystva. [World tendencies of machine and technological support of intelligent agriculture]. Moscow: FGNU "Rosinformagrotech". 2012; 284 p.
17. Koriat G, Bel'ke M, Vedekind P et al. Bespodstilochnyy navoz I yego ispol'zovaniye dlya udobreniya. [Litter-free manure and its use for fertilization]. Moscow: Kolos. 1979; 271 p.
18. Nettevich ED, Saranin KI, Shumichev SI et al. Spravochnik agronoma Nechernozemnoy zony. [Agronomist's Handbook of the Non-Black Earth Zone]. Moscow: Agropromizdat. 1990; 575 p.
19. Spirin AP. Energoberegayushchiye priyemy bezotval'noy obrabotki pochvy. [Energy-saving methods of non-moldboard tillage]. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 1998; 4: 20-23p.
20. Kultivator sternevoy tyazhelyy KST 2,2m, KST 3,8, KST 5,5m. [Heavy stubble cultivator KST 2.2m, KST 3.8, KST 5.5m]. Technical characteristics of cultivators. [cited 2021 December 15]. Available from: [cheboksary.tiu.ru/p236267035-kultivator-sternevoj-tyazhelyy](http://cheboksary.tiu.ru/p236267035-kultivator-sternevoj-tyazhelyy).

#### Authors:

Smirnov Petr Alekseevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: [smirnov\\_p\\_a@mail.ru](mailto:smirnov_p_a@mail.ru);  
 Terentyev Alexey Grigorievich - Doctor of Phys.-Math. Sci., Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: [agterent@rambler.ru](mailto:agterent@rambler.ru)  
 Pushkarenko Nikolay Nikolaevich – Ph.D. of Technical Sciences, Head of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Dean of the Faculty of Engineering, e-mail: [stl\\_mstu@mail.ru](mailto:stl_mstu@mail.ru)  
 Smirnov Mikhail Petrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: [stmo@yandex.ru](mailto:stmo@yandex.ru)  
 Chuvash State Agrarian University, Cheboksary  
 Valiev Ayrat Rasimovich - Doctor of Technical sciences, professor of Operation and Repair of Machines Department; e-mail: [ayratvaliev@mail.ru](mailto:ayratvaliev@mail.ru)  
 Kalimullin Marat Nazipovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: [marat-kmn@yandex.ru](mailto:marat-kmn@yandex.ru)  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia