

3. *Smirnov Mikhail Petrovich*, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: sttmo@yandex.ru; tel. 89278522378.

УДК 631.6.02

DOI: 10.17022/xj3x-yp32

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЫХЛЕНИЯ ПОДПАХОТНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ ОДНОВРЕМЕННО С ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКОЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

**В. П. Егоров, Н. Н. Пушкаренко, Е. П. Алексеев**  
*Чувашский государственный аграрный университет*  
 428003, Чебоксары, Российская Федерация

**Аннотация.** При возделывании пропашных сельскохозяйственных культур основной задачей является проведение основной обработки почвы с минимальными затратами средств на ее проведение с целью уменьшения себестоимости единицы продукции. Немаловажную роль при основной обработке почвы играет, во-первых, создание необходимого запаса влаги для получения высоких урожаев возделываемых пропашных культур. Если взять последние пять лет, то в течение трех лет в южных районах Чувашской Республики, где в основном занимаются возделыванием картофеля, ощущался недостаток влаги при его возделывании, что сказалось на его урожайности. Во-вторых, борьба с эрозийными процессами во время весеннего снеготаяния и при ливневых осадках. Известно, что в Чувашской Республике около 80 % земель сельскохозяйственного назначения расположены на склонах. Память, по проведенным исследованиям, является самым эрозийноопасным агрофоном. Поэтому при возделывании пропашных культур, предусматривающих использование основной обработки почвы, технологии обработки почвы должны быть почвозащитными. Для частичного решения вопросов, связанных с созданием необходимого запаса влаги при возделывании пропашных культур и борьбы с эрозийными процессами при их возделывании, нами предлагается проведение основной обработки почвы с использованием рыхлителей подпахотного слоя, установленных на корпусах плуга. Проведенные исследования с рыхлением подпахотного слоя почвы при ее основной обработке при возделывании картофеля в КСХП им. Ильича Ибресинского района Чувашской Республики позволили выявить существенную экономическую эффективность по сравнению с основной обработкой почвы без рыхления подпахотного слоя.

**Ключевые слова:** картофель, запас влаги, эрозия, рыхление подпахотного слоя почвы, экономическая эффективность.

**Введение.** При возделывании пропашных сельскохозяйственных культур основной задачей является проведение основной обработки почвы с минимальными затратами средств на ее проведение с целью уменьшения себестоимости единицы продукции. Немаловажную роль при основной обработке почвы играет, во-первых, создание необходимого запаса влаги для получения высоких урожаев возделываемых пропашных культур [4], [6], [7], [8], во-вторых, борьба с эрозийными процессами во время весеннего снеготаяния и при ливневых осадках [1], [2], [3], [5], [10].

Проведенные исследования с рыхлением подпахотного слоя почвы при ее основной обработке при возделывании картофеля позволили выявить существенную экономическую эффективность по сравнению с основной обработкой почвы без рыхления подпахотного слоя.

#### Материалы и методы исследований.

Процессы рыхления почвы, происходящие в агроэкосистеме в результате преобразования энергии, можно оценить через энергоёмкость  $\mathcal{E}$ , представляющую собой отношение совокупных энергозатрат на производство продукции  $E_p$  к урожайности  $U$  сельскохозяйственной культуры [9]:

$$\mathcal{E} = \frac{E_p}{U} \quad (1)$$

Производство сельскохозяйственной продукции требует применения различных видов сырья, материалов, машин и оборудования, здания и сооружения и т.д. Применяемые при этом ресурсы характеризуются отдельными значениями энергоёмкостями, которые могут быть выражены энергетическими эквивалентами производственных и трудовых затрат. Полные и совокупные энергозатраты  $E_p$  определяются суммированием энергозатрат на каждую технологическую операцию  $\sum_{i=1}^n E_i$ :

$$E_i = E_n + E_o + \frac{E_m + E_z + E_{жс}}{W}, \quad (2)$$

где  $E_n$  – прямые энергетические затраты, МДж/га;  $E_o$  – овеществленные энергозатраты на применяемые материалы, МДж/га;  $E_m$  – энергоёмкость используемых средств механизации, МДж/ч;  $E_z$  – энергоёмкость зданий, производственных помещений, МДж/ч;  $E_{жс}$  – энергетический эквивалент затрат живого труда, МДж/ч;  $W$  – часовая производительность агрегата, га/ч.

К прямым затратам энергии относят расход топлива для работы различных самоходных машин, комбайнов, тракторов, а также затраты тепловой и электрической энергии. Прямые энергетические затраты на выполнение технологической операции могут быть определены по формуле:

$$E_n = q_i e_i \quad (3)$$

где  $q_i$  – удельный расход топлива, потребляемый на выполнение технологической операции на единицу объема работы;  $e_i$  – энергосодержание дизельного топлива МДж/кг,  $e_i = 42,7$  МДж/кг [9].

Овещественные затраты энергии вычисляем на основе энергетических эквивалентов. При вспашке с рыхлением подпахотного слоя почвы к овещественным затратам относится транспортировка энергоносителей – ГСМ и т.д. Энергоемкость энергоносителей определяется по формуле:

$$E_o = q_i \alpha_i, \quad (4)$$

где  $\alpha_i$  – энергетический эквивалент дизельного топлива, МДж/кг,  $\alpha_i = 10$  МДж/кг [9].

Для определения энергозатрат живого труда можно использовать формулу:

$$E_{жс} = P_1 \alpha_{жс1} + P_2 \alpha_{жс2}, \quad (5)$$

где  $P_1, P_2$  – число основных и вспомогательных рабочих, чел;  $\alpha_{жс1}, \alpha_{жс2}$  – энергетические эквиваленты затрат живого труда основных и вспомогательных рабочих, МДж/ч.

При вспашке вспомогательные рабочие отсутствуют, поэтому

$$E_{жс} = P_1 \alpha_{жс1} \quad (6)$$

По [9]:  $\alpha_{жс} = 1,26$  МДж/чел-ч.

Средства механизации переносят на создаваемый продукт энергию не полностью, а частично. Общую энергоемкость можно определить из выражения:

$$E_m = \frac{M_m \alpha_m}{100} \left( \frac{A_{рм} + A_{тм}}{T_{нм}} \right), \quad (7)$$

где  $M_m$  – масса машины, кг;  $\alpha_m$  – энергетический эквивалент машины, МДж/кг;  $A_{рм}, A_{тм}$  – соответственно, отчисления на реновацию и текущий ремонт машины, %;  $T_{нм}$  – нормативная годовая загрузка машины, ч.

При рыхлении почвы не участвуют производственные помещения, поэтому их энергоемкость приравниваем к 0 ( $E_s = 0$ ).

Результаты вычислений прямых и овещественных энергетических затрат сведены в таблицу 1.

Все полученные значения энергоемкости, энергозатрат и удельной энергоемкости рыхления сведены в таблицу 2.

Результаты расчетов экономической эффективности при возделывании картофеля представлены в таблице 3.

#### Результаты исследований и их обсуждение.

Таблица 1 – Значения прямых и овещественных энергетических затрат

Вид операции	$q_i$ , кг/га	Прямые энергетические затраты	Овещественные энергетические затраты
		Значения	
		$E_n$ , МДж/га	$E_o$ , МДж/га
Вспашка МТЗ-80 + ПЛН-3-35	17,07	728,89	170,7
Вспашка МТЗ-80 + ПЛН-3-35 с рыхлением подпахотного слоя	21,02	897,55	210,2

Таблица 2 – Показатели энергоёмкости применяемых средств механизации, энергозатраты и удельная энергоёмкость рыхления

Энергоёмкость применяемых средств механизации						
Марка машины	$\alpha_m$ , МДж/кг	$M_m$ , кг	$A_{pm}$ , %	$A_{tm}$ , %	$T_{nm}$ , ч	$E_m$ , МДж/ч
МТЗ-80	120	3160	12,5	22	1350	96,9
ПЛН-3-35	104	550	14,2	27	210	112,2
ПЛН-3-35 с рыхлителями подпахотного слоя	104	560	14,2	27	210	114,3
Сводная таблица энергозатрат						
Операции	$E_n$ , МДж/га	$E_o$ , МДж/га	$E_{жс}$ , МДж/ч	$E_m$ , МДж/ч	$W$ , г/ч	$E_i$ , МДж/га
Вспашка МТЗ-80 + ПЛН-3-35	728,89	170,7	1,26	209,1	0,75	1180,1
Вспашка МТЗ-80 + ПЛН-3-35 с рыхлением подпахотного слоя	897,55	210,2	1,26	211,2	0,65	1434,6
Удельная энергоёмкость рыхления						
Способ обработки	$E_i$ , МДж/га	Урожайность, ц/га	Площадь, га	Энергоёмкость, МДж/ц		
Вспашка МТЗ-80 + ПЛН-3-35	1180,1	186	46	6,34		
Вспашка МТЗ-80 + ПЛН-3-35 с рыхлением подпахотного слоя	1434,6	211	46	6,8		

Таблица 3 – Показатели экономической эффективности рыхления подпахотного слоя почвы при основной обработке почвы под посадку картофеля

Способ обработки	Затраты, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Доход от реализации продукции, руб./га	Экономическая эффективность, руб./га
Вспашка МТЗ-80 + ПЛН-3-35	682,8	111600	110917,2	-
Вспашка МТЗ-80 + ПЛН-3-35 с рыхлением подпахотного слоя	840,8	126600	125729,2	14812

**Выводы.** По результатам исследования энергозатрат и энергоёмкости рассмотренных способов вспашки с рыхлением подпахотного слоя и без его рыхления можно сделать следующие выводы:

1. Использование рыхлителя подпахотного слоя почвы при вспашке по сравнению со вспашкой без рыхления приводит к увеличению общих энергозатрат на  $\Delta E = 254,5$  МДж/га.

2. Удельная энергоёмкость при вспашке с рыхлением подпахотного слоя почвы на 0,46 МДж/ц больше чем при вспашке без его рыхления.

3. При переводе значений энергозатрат в дизельное топливо с применением энергетического эквивалента  $e_i = 42,7$  МДж/кг и известных значениях оптовой цены дизельного топлива 40000 руб./т получаем энергозатраты в рублях. Так же при средней закупочной цене на картофель 600 руб./ц (цены 2018 г.) определяется экономическая эффективность от прибавки урожайности при использовании рыхлителя подпахотного слоя почвы одновременно со вспашкой.

Таким образом, экономическая эффективность использования рыхлителя подпахотного слоя почвы одновременно со вспашкой по сравнению со вспашкой под посадку картофеля составляет 14812 руб./га.

#### Литература

1. Васильев, С. А. Особенности применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий на различных по форме склоновых агроландшафтах / С. А. Васильев // Природообустройство. – 2016. – № 4. – С. 85-92.

2. Васильев, С. А. Противозерозионная контурная обработка почвы машинно-тракторными агрегатами на агроландшафтах склоновых земель / С. А. Васильев, А. А. Васильев, Н. И. Затылков // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 5 (84). – С. 43-54.
3. Егоров, В. П. Корпус плуга для почвозащитных технологий / В. П. Егоров, А. П. Акимов, Н. Н. Пушкаренко // Сельский механизатор. – 2019. – № 9. – С. 16-17.
4. Егоров, В. П. Методика определения и коэффициент фильтрации мерзлых и оттаивающих почв после зонного рыхления подпахотного слоя / В. П. Егоров, Н. Н. Тончева, А. Н. Самсонов, А. А. Петров // Инновационные технологии и современные материалы в автомобилестроении : материалы международной заочной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2016. – С. 70-74.
5. Максимов, И. И. Прогнозирование объемов стока дождевых осадков при проектировании мелиоративных мероприятий и противозерозионных технологий / И. И. Максимов, М. В. Семенов, С. И. Чучкалов // Развитие аграрной науки как важнейшее условие эффективного функционирования агропромышленного комплекса страны : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения доктора ветеринарных наук, профессора Кириллова Николая Кирилловича. – 2018. – С. 403-408.
6. Семенов, М. В. Влагообеспеченность в системе растение-почва-воздух на склонах / М. В. Семенов, И. И. Максимов // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №3 (3). – С. 86-90.
7. Семенов, М. В. Исследование влагообеспеченности почвы на склонах для прогнозирования мелиоративных мероприятий / М. В. Семенов, И. И. Максимов // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 205-209.
8. Смирнов, П. А. Результаты экспериментальных исследований влагопроницаемости мерзлых почв / П. А. Смирнов, Д. Ю. Федоров, Е. В. Прокопьева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2 (5). – С. 111-119.
9. Сысуев, В. А. Методы повышения агробиоэнергетической эффективности растениеводства / В. А. Сысуев, Ф. Ф. Мухамадьяров // Киров: НИИСХ Северо-Востока. – 2001. – 216 с.
10. Чучкалов, С. И. Изучение связи потенциала эрозионной стойкости почв с основной гидрофизической характеристикой / С. И. Чучкалов, И. И. Максимов // Экология и мелиорация агроландшафтов – перспективы и достижения молодых ученых : материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 120-летию со дня рождения Альбенского Анатолия Васильевича. – 2019. – С. 159-161.

#### *Сведения об авторах*

1. **Егоров Виталий Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: evp121@mail.ru, тел. 8-906-133-28-11;
2. **Пушкаренко Николай Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортно-технологических машин и комплексов, декан инженерного факультета, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: stl\_mstu@mail.ru, тел. 89063854191;
3. **Алексеев Евгений Петрович**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: zhenia\_alexeev@mail.ru, тел. 8-919-650-94-97.

### **ENERGY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF LOOSENING THE SUB-ARABLE SOIL LAYER SIMULTANEOUSLY WITH THE MAIN TILLAGE IN CULTIVATION OF POTATOES**

**V. P. Egorov, N. N. Pushkarenko, E. P. Alekseev**

*Chuvash State Agrarian University  
428003, Cheboksary, Russian Federation*

**Abstract.** *When cultivating row crops, the main task is to carry out basic tillage with minimal expenditure on its implementation in order to reduce the cost of a unit of production. An important role in the main tillage is played, first, by creating the necessary moisture reserve to obtain high yields of cultivated row crops. If we take the last five years, then for three years in the southern regions of the Chuvash Republic, where potatoes are mainly cultivated, there was a lack of moisture during its cultivation, which affected its yield. Secondly, the fight against erosion processes during spring snowmelt and heavy precipitation. It is known that in the Chuvash Republic about 80% of agricultural land is located on the slopes. Arable land, according to research, is the most erosive agricultural zone. Therefore, when cultivating row crops that involve the use of basic tillage, tillage technologies should be soil-protective. To partially solve the issues related to the creation of the necessary moisture reserve during the cultivation of row crops and the*

*fight against erosion processes during their cultivation, we propose to carry out the main tillage using rippers of the sub-arable layer installed on the plow bodies. Conducted research with loosening of the sub-arable soil layer during its main processing during potato cultivation in the collective agricultural enterprise named after Ilyich of the Ibresinsky district of the Chuvash Republic revealed significant economic efficiency in comparison with the main tillage without loosening the sub-arable layer.*

**Keywords:** potatoes, moisture reserve, erosion, loosening of the sub-arable soil layer, economic efficiency.

#### References

1. Vasil'ev, S. A. Osobennosti primeneniya protiverozionnykh meliorativnykh meropriyatij na razlichnykh po forme sklonovykh agrolandshaftah / S. A. Vasil'ev // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 4. – S. 85-92.
2. Vasil'ev, S. A. Protiverozionnaya konturnaya obrabotka pochvy mashinno-traktornymi agregatami na agrolandshaftah sklonovykh zemel' / S. A. Vasil'ev, A. A. Vasil'ev, N. I. Zatytkov // Vestnik NGIEI. – 2018. – № 5 (84). – S. 43-54.
3. Egorov, V. P. Korpus pluga dlya pochvozashchitnykh tekhnologij / V. P. Egorov, A. P. Akimov, N. N. Pushkarenko // Sel'skij mekhanizator. – 2019. – № 9. – S. 16-17.
4. Egorov, V. P. Metodika opredeleniya i koefficient fil'tracii merzlykh i ottaivayushchih pochv posle zonnogo ryhleniya podpahotnogo sloya / V. P. Egorov, N. N. Toncheva, A. N. Samsonov, A. A. Petrov // Innovacionnye tekhnologii i sovremennye materialy v avtomobilestroenii : materialy mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – CHEboksary, 2016. – S. 70-74.
5. Maksimov, I. I. Prognozirovanie ob'emov stoka dozhdevykh osadkov pri proektirovanii meliorativnykh meropriyatij i protiverozionnykh tekhnologij / I. I. Maksimov, M. V. Semenov, S. I. CHuchkalov // Razvitie agrarnoj nauki kak vazhnejshee uslovie effektivnogo funkcionirovaniya agropromyshlennogo kompleksa strany : materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 70-letiyu so dnya rozhdeniya doktora veterinarnykh nauk, professora Kirillova Nikolaya Kirillovicha. – 2018. – S. 403-408.
6. Semenov, M. V. Vlogoobespechennost' v sisteme rastenie-pochva-vozduh na sklonah / M. V. Semenov, I. I. Maksimov // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2017. – №3 (3). – S. 86-90.
7. Semenov, M. V. Issledovanie vlogoobespechennosti pochvy na sklonah dlya prognozirovaniya meliorativnykh meropriyatij / M. V. Semenov, I. I. Maksimov // Perspektivy razvitiya mekhanizacii, elektrifikacii i avtomatizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva : materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – 2019. – S. 205-209.
8. Smirnov, P. A. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovanij vlagopronicaemosti merzlykh pochv / P. A. Smirnov, D. YU. Fedorov, E. V. Prokop'eva // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 2 (5). – S. 111-119.
9. Sysuev, V. A. Metody povysheniya agrobioenergeticheskoy effektivnosti rastenievodstva / V. A. Sysuev, F. F. Muhamad'yarov // Kirov: NIISKH Severo-Vostoka. – 2001. – 216 s.
10. CHuchkalov, S. I. Izuchenie svyazi potentsiala erozionnoj stojkosti pochv s osnovnoj gidrofizicheskoy harakteristikoj / S. I. CHuchkalov, I. I. Maksimov // Ekologiya i melioraciya agrolandshaftov – perspektivy i dostizheniya molodykh uchenykh : materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodykh uchenykh, posvyashchennoj 120-letiyu so dnya rozhdeniya Al'benskogo Anatoliya Vasil'evicha. – 2019. – S. 159-161.

#### Information about authors

1. **Egorov Vitaliy Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: evp121@mail.ru, tel. 8-906-133-28-11;
2. **Pushkarenko Nikolay Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Dean of the Faculty of Engineering, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: stl\_mstu@mail.ru, tel. 89063854191;
3. **Alekseev Evgeniy Petrovich**, candidate of technical Sciences, senior lecturer of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: zhenia\_alexeev@mail.ru, tel. 8-919-650-94-97.