

неральных удобрений на черноземе обыкновенном // Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 44–50.

5. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. – М.: Колос, 1982. – 142 с.

6. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия в хозяйствах Кировской области. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 60 с.

7. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (Методы и результаты изучения) – Л.: Наука, 1980. – 222 с.

8. Влияние химического состава растений зеленого удобрения на гумусообразование в дерново-подзолистой почве / Л. Трипольская, Д. Романовская, А. Шлепетене, А. Ражукас, Г. Шидлаускас // Почвоведение. – 2014. – № 4. – 480 с.

9. Исаичева У.А., Труфанов А.М. Баланс гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы при многолетнем агротехническом использовании // Вестник АПК Верхневолжья. – 2015. – № 3 (31). – С. 43–46.

10. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Показатели гумусового состояния почв. – М.: Наука, 1978. – 68 с.

#### TRANSFORMATION OF HUMUS SUBSTANCES OF SOD-PODZOLIC SOIL UNDER AGROGENIC INFLUENCES

O.V. Brovarova

Institute of Agrobiotechnology named A. V. Zhuravsky of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of RAS, Syktyvkar, I67023, Russia, e-mail: olbrov@mail.ru

*The intensification of agriculture should be focused both on the deficit-free balance of humus and its reproduction in the soil, through a rational combination of fertilizers (organic and mineral), taking into account the type of soil, climatic conditions and specialization of crop rotation. In such conditions, it is possible to achieve the maximum effect of fertilizers when all the conditions necessary for their life are created for plants. The influence of organic and mineral fertilizers and their combined use on the balance and fractional-group composition of humus in a long-term stationary experiment on sod-podzolic light loamy soil was studied. It was found that the use of mineral fertilizers against the background of a high dose of peat – manure compost (PMC) has the greatest impact on the increase in the humus content (+1.53-1.66 t/ha per year). The ratio of  $S_{GC} : S_{FC}$  under the influence of complex application of fertilizers in high doses increased from 0.84 to 1.24. The humate-fulvate type of humus was changed (the ratio of  $S_{GC} : S_{FC} - 0.5-1.0$ ) to the fulvate-humate type (the ratio of  $S_{GC} : S_{FC} - 1.0-1.5$ ).*

Keywords: humus; humic acids; fulvic acids; peat-manure compost (PMC); organic and mineral fertilizers.

УДК:631.45(470.56)

DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.06

## СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ И ЗАЩИТА ПОЧВЫ ОТ ЭРОЗИИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

**В.Ю. Скороходов, Н.А. Максюттов, д.с.-х.н., А.А. Зоров, к.с.-х.н.,  
Д.В. Митрофанов, к.с.-х.н., Ю.В. Кафтан, к.с.-х.н., Н.А. Зенкова, к.с.-х.н.,  
ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических  
систем и агротехнологий Российской академии наук»**

**460051, г. Оренбург, просп. Гагарина, 27/1, e-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru).**

*Исследования выполняются в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг.  
ФГБНУ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003)*

*В Оренбуржье эрозия почвы различных видов проявляется на всей площади пашни и является основной причиной снижения плодородия почвы. В Оренбургской области водной эрозии подвержено 2214,9 га, ветровой – 279,4 га. Из общей площади пашни 6240,0 тыс. га дефляционно-опасная составляет 5304,3 тыс. га. На фоне эрозии отмечается снижение содержания гумуса в почве чернозёмов южных на 1-6 т/га, обыкновенных на 1,7%. Исследования проводили на двух стационарных участках Оренбургского Предуралья и Зауралья с целью эффективности мер и технологий по сохранению плодородия и защиты почвы от эрозии в засушливых условиях. При переходе на контурно-ландшафтное земледелие (КЛЗ) повышаются плодородие склоновых земель, урожайность полевых культур и снижается до минимума отрицательное действие засухи. В паровом поле отмечают наибольшие потери плодородия почвы из-за эрозионных процессов, особенно, когда оно отводится под посев яровой пшеницы. Почвозащитный и сидеральный пары в значительной степени устраняют этот недостаток. За период парования поле чёрного пара в слое 0-150 см накапливает 430 кг/га нитратов, а при применении минеральных удобрений в дозе  $N_{40}P_{80}$  увеличивается до 689 кг/га.*

*Ключевые слова: плодородие, водная эрозия почвы, севооборот, ветровая эрозия почвы, почвозащитный пар, нитратный азот, растительные остатки.*

Для цитирования: Скороходов В.Ю., Максюттов Н.А., Зоров А.А., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Зенкова Н.А. Сохранение плодородия и защита почвы от эрозии в степной зоне Южного Урала // Плодородие. – 2021. – №6. – С. 22-25. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.06.

Значительная часть сельскохозяйственных угодий России подвержена различным эрозионным процессам. Эрозия является одним из самых опасных негативных процессов, вызывающих деградацию и уничтожение почвенного покрова и наносящих ущерб земельным ресурсам и окружающей среде. Приостановить разрушительное действие эрозии и вернуть утраченное пло-

дородие почвы – одна из главных задач аграрной науки и практики. Основными источниками падения плодородия почвы в засушливых условиях Оренбуржья является эрозия почвы, которая в различной степени проявляется на всей площади пашни. В Оренбургской области из общей площади 6240,0 тыс. га дефляционно-опасная пашня составляет 5305,3 тыс. га. На фоне эро-

зии почвы отмечается снижение содержания гумуса в чернозёмах южных – на 1,6%, обыкновенных – на 1,7, тёмно-каштановых почвах – на 1,0% [1, 2]. В Уральском регионе и ЦЧЗ половина площади пашни подвержена водной и ветровой эрозии, а в Поволжье и на Северном Кавказе площадь эрозионно опасных и эродированных земель составляет 90 % [3].

В резко засушливые годы ветровая эрозия проявляется на громадной площади территории Казахстана и России. Пыльные бури весной наблюдались не только на паровых полях, но и на зяби, в результате чего теряется верхний плодородный слой почвы [4]. Исследования М.К. Сулейменова и К.А. Акшалова показали, что на склоновых землях Северного Казахстана в паровом поле за счёт смыва почвы теряется до 6,1 т/га почвы [5].

Проблема почво-водоохранной организации склоновых земель очень актуальна. Без сохранения воспроизводства почвенного плодородия нельзя обеспечить постоянный рост продуктивности и устойчивости земледелия. Основная причина возникновения эрозионных процессов – отсутствие эффективных мер по регулированию стока и накоплению почвенной влаги. Внедрение почвозащитных полевых севооборотов является одной из приоритетных задач современного земледелия [6]. Севообороты, которые в своей структуре имеют чистый пар, неустойчивы в эрозионном отношении и в них усиливаются эрозионные процессы, поскольку к общепринятым потерям почвенной влаги добавляются потери от стока талой и ливневой воды. В связи со снегом и смывом верхнего плодородного слоя наблюдается резкое снижение урожайности всех возделываемых сельскохозяйственных культур [7].

Контурно-буферная полосная организация на склонах, состоящая из многолетних трав и кустарниковых кулисных растений, сокращает потери влаги на 30 %, почвы на 50%, а выход сельхозпродукции повышает в 4,2 раза [8].

А.И. Климентьев отмечает, что в последнее время водная эрозия получила широкое распространение в восточных районах Оренбургского Зауралья, где уклоны не превышают 0,2-1,5°. На этих склонах, имеющих, как правило, большую протяженность, размещена значительная часть пашни. Крупные площади водосборов и медленное оттаивание почвы в период снеготаяния, а также полосное земледелие, посев кулис, создаваемых для защиты почв от ветровой эрозии и накопления снега, часто совпадают с направлением этих склонов, что приводит к интенсивному стоку и смыву почвы, а в отдельные периоды весенний смыв на парах и зяби достигает 25 т /га [9].

Рельеф местности, крутизна склона и ряд других факторов определяет степень подверженности почв водной эрозии. Сток талой и дождевой (ливневой) воды в засушливых условиях Южного Урала является источником водной эрозии, развитие которой происходит в два периода: весеннего снеготаяния, когда сток протекает по мерзлой почве, и ливневых дождей (май-сентябрь). Формирование стока талых вод определяется высотой снежного покрова и количеством воды в нём, промерзанием почвы и её влажностью к началу снеготаяния, агрофоном и временем активного наступления тёплых и солнечных весенних дней. Поверхностный сток талых и ливневых вод на разных агрофонах во многом зависит от почвенно-климатических условий.

Развитие эрозионных процессов, происходящих в почвах области, – результат неправильного их использования. Сплошная распашка почв без надлежащего учёта их качества, применение шаблонной агротехники, а также слабая изученность эродированных почв и приёмов их защиты способствовали усилению водной и ветровой эрозии. В Оренбургской области большое количество почв пашни имеет лёгкий гранулометрический состав и при несоблюдении противоэрозионных мероприятий они становятся эродированными [10].

Разработка и освоение эффективных мер и технологий по сохранению плодородия и защите почвы от эрозии, остаются одной из главных задач агрономической науки и для степных районов Оренбуржья.

При глубоком рыхлении уменьшается плотность сложения пахотного слоя, что способствует большему накоплению осенне-зимне-весенних осадков, увеличиваются мощность снежного покрова за счёт отложения первого снега и предупреждения его выдувания на стерневом агрофоне, наблюдаются уменьшение глубины промерзания почвы, испарения, высокий почвозащитный эффект, сохранение структуры почвы от разрушения, устраняется потенциальная опасность проявления эрозии и повышается противоэрозионная устойчивость, предотвращается сток воды и смыв почвы, уменьшается выдувание верхнего слоя почвы во время пыльных бурь [11].

Более 50% пашни Оренбургской области расположены на склонах от 1 до 7°, что эрозионно опасно.

Для защиты почвы на склонах от водной эрозии разработано много агротехнических приёмов, однако в наибольшей степени эту проблему решает контурно-ландшафтное земледелие (КЛЗ) с контурно-полосной организацией полей севооборотов. В контурно-ландшафтное земледелие входят глубокая безотвальная обработка почвы с оставлением на поверхности стерневых и пожнивных остатков, мульчирование соломы, применение почвозащитных севооборотов с контурно-полосным расположением многолетних трав, паровых полей, полевых культур и древесно-кустарниковых кулис [12].

**Методика.** Исследования проводили на двух стационарных участках Оренбургского Предуралья (координаты: 51.775125° с.ш., 55.306547 ° в.д.) и Зауралья (51°45'53" с. ш. 59°44'34" в. д.).

Объекты исследования – севообороты различной ротации, паровое поле.

**Цель исследования** – определить эффективность мер и технологий по сохранению плодородия и защите почвы от эрозии в условиях Южного Урала.

**Результаты и их обсуждение.** Проведённые исследования в течение 30 лет и внедрение КЛЗ в хозяйствах области показали высокую агробиологическую основу такого вида земледелия на склонах. Кроме того, оно, распределяя равномерно по полю снег, уменьшает промерзание почвы, повышает поглощение талой воды, увеличивает почвенные влагозапасы в 1,5-2,0 раза.

В засушливых условиях важным мероприятием является организация лесных полос, снижающая скорость ветра в суховеитный период в 2-3 раза и предотвращающая пыльные бури (рис. 1).

За весенне-летний период в почве парового поля, дополнительно накапливается до 30 мм продуктивной влаги.



Рис. 1. Общий вид стационара по контурно-ландшафтному земледелию

Урожайность зерновых культур повышается на 2-5 ц/га, кормовых – в 1,5-2,0 раза, с увеличением рентабельности их производства в 2-3 раза. При переходе на КЛЗ повышается плодородие склоновых земель, урожайность возделываемых культур и снижается до минимума отрицательное действие засухи.

Большой ущерб плодородию почвы наносит ветровая эрозия. Она в первую очередь проявляется на лёгких почвах и паровых полях, а в засушливые годы и на зяби.

Морфогенетические свойства почвы и её агрегатный состав при наличии живого растительного покрова, стерни, соломенной мульчи придают устойчивость к ветровой эрозии, при этом диаметр почвенных комочков в слое 0-5 см более 1 мм, к комочкам менее 1 мм, равным более единицы.

Стерневые и пожнивные остатки влияют на понижение скорости ветра в приповерхностном почвенном слое, предотвращая процессы дефляции.

В севообороте поле чистого пара является эрозионно уязвимым, так проведённые две-три культивации полностью уничтожают стерню и распыляют почву (рис. 2).



Рис. 2. Дефляционный процесс в чёрных парах

Крупные потери почвенного плодородия в результате эрозионных процессов фиксируются в паровых полях перед посевом яровой пшеницы.

Комковатость 5-сантиметрового слоя почвы всех видов пара к осени 58,1-72,4 %, эродированность 8,4-71,2 г/м<sup>2</sup> за 5 мин (табл. 1).

Разработанная нами технология применения почвозащитного и сидерального паров минимализирует эрозионные процессы и позволяет дополнительно получать кормовую продукцию в виде зелёной массы суданской травы (до 30 тыс. к.е/га).

### 1. Ветроустойчивость и эродированность различных видов паров в верхнем (0-5 см) слое почвы

| Показатели ветроустойчивости и эродированности | Пар         |           |               |
|--|-------------|-----------|---------------|
|  | сидеральный | чёрный    | почвозащитный |
| Число стерняков на 1 м <sup>2</sup>            | 0/0         | 0/0       | 171,0/60,3    |
| Комковатость, %                                | 58,1/72,5   | 63,6/70,2 | 72,4/78,6     |
| Эродированность, г/см <sup>2</sup> за 5 мин    | 54,6/14,4   | 71,2/38,3 | 8,4/7,7       |

*Примечание.* Перед чертой – в конце парования, после черты – после посева пшеницы.

Использование занятых паров надёжно защищает почву от возникновения ветровой эрозии в первой половине лета ввиду покрытия сидеральной культуры, а при последующей запашке сидератов навёрх выворачивается оструктуренная почва с повышенной комковатостью и эрозионной устойчивостью.

В почвозащитном пару в течение вегетации летнего срока посева суданской травы поле имеет, как и в случае с сидератами, естественную защиту от эрозии, а после уборки сохраняется стерня.

Разные виды пара к посеву твёрдой пшеницы за счёт оструктурирования почвы имеют высокую устойчивость к дефляционным процессам.

В весенний период большую угрозу в поле чёрного пара представляет водная эрозия. Перенасыщение влагой пахотного слоя при наличии микропонижений и склоновых участков приводит к усилению водной эрозии (рис. 3).



Рис. 3. Водная эрозия весной в чёрном пару

Вследствие водной, ветровой и биологической эрозии в чёрных парах наблюдаются потери органического вещества и элементов питания.

Многочисленные обработки почвы культиватором в чистых парах приводят к биологической эрозии (минерализации гумуса) и большое количество нитратного азота теряется за счёт водной и ветровой эрозии. Одна часть нитратного азота опускается за счёт промывания в нижние горизонты, другая – переходит в легкоусвояемые формы, что делает его недоступным для растений.

По результатам экспериментов, в конце парования в пахотном слое почвы накапливается нитратов до 43 мг/100 г, к посеву твёрдой пшеницы – 6-8 мг/100 г и меньше. По многолетним данным, для получения высокой урожайности пшеницы такого количества азота вполне достаточно.

Как было отмечено, чистые пары являются одним из источников загрязнения окружающей среды и в состоянии эрозионной неустойчивости при избытке нитратов

загрязняются реки и водоёмы. Установлено проникновение нитратов на глубину 8 м (на дне колодца). Разработанный почвозащитный пар полностью устраняет этот недостаток чистого пара.

За период парования количество нитратов в почвозащитном пару снижается в результате потребления их парозанимающей культурой (содержание по почвозащитному пару 2,4 кг/га, по чистому – 376,8 кг/га). Данные потери нитратов в слое 0-150 см в почвозащитном, сидеральном и чёрном парах подтверждают исследование (табл. 2).

**2. Содержание нитратного азота на парах в слое 0-150 и 0-100 см в разные сроки определения, кг/га**

| Срок определения нитратов                         | Слой образца почвы, см | Пар         |           |               |
|---|------------------------|-------------|-----------|---------------|
|   |                        | сидеральный | чёрный    | почвозащитный |
| В начале парования                                | 0-150                  | 564/511     | 621/455   | 617/467       |
| Перед уходом пашни в зиму                         | 0-150                  | 513/503     | 1310/885  | 308/281       |
|   | 0-100                  | 391/387     | 827/545   | 213/179       |
| Перед посевом твёрдой пшеницы                     | 0-100                  | 512/440     | 574/428   | 436/372       |
| За период начало парования – уход пашни в зиму, ± | 0-150                  | -51/-8      | +689/+430 | -309/-186     |
| За период уход пашни в зиму – посев пшеницы, ±    | 0-100                  | +121/+53    | -253/-117 | +223/+193     |

*Примечание.* До черты – питательный фон с удобрениями, после черты – без удобрений.

Поле чёрного пара за период своего парования накапливает в 1,5-метровом слое 430 кг/га нитратов. При использовании минеральных удобрений содержание нитратов возрастает до 689 кг/га. В этот период в занятых парах отмечается их сокращение в связи с потреблением сидеральной культурой и суданской травой. Перед уходом в зиму чёрный пар имеет преимущество перед занятыми парами по содержанию нитратов.

К посеву твёрдой пшеницы в метровом слое почвы отмечается примерно одинаковое количество нитратов по всем видам пара (в чёрном пару содержание на удобренном фоне 253 кг/га, на неудобренном – 117 кг/га).

Почвозащитный и сидеральный пары способствуют производительным потерям нитратов, в сравнении с чёрным паром, которые происходят, мигрируя вниз по горизонту и загрязняя грунтовые воды. Кроме того, за счёт интенсивной миграции гумуса в чёрном пару потери его составляют 1,73 т/га, в занятом почвозащитном – 0,05, сидеральном – 0,32 т/га.

UDC:631.45(470.56)

**FERTILITY PRESERVATION AND PROTECTION OF SOIL FROM EROSION IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS**

*Skorokhodov V. Yu., Maksyutov N.A., Zorov A.A., Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., Zenkova N.A.  
Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences  
460051, Orenburg, ave. Gagarina, 27/1, e-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru*

*In Orenburg region, soil erosion of various types manifests itself over the entire area of arable land and is the main reason for the decrease in soil fertility. In the Orenburg Region, 2214.9 hectares are subject to water erosion, and 279.4 hectares are subject to wind erosion. Of the total area of arable land in 6240.0 thousand hectares, the deflation-dangerous area is 5304.3 thousand hectares. Against the background of erosion, there is a decrease in the humus content in the soil of southern chernozems by 1-6 tons, ordinary -1.7%. The research was carried out on two stationary sites of the Orenburg Urals and Trans-Urals in order to ensure the effectiveness of measures and technologies to preserve fertility and protect the soil from erosion in arid conditions. When switching to contour-landscape agriculture (CLZ), the fertility of sloping lands, the yield of field crops increases and the negative effect of drought is minimized. In the fallow field, the greatest losses of soil fertility are noted due to erosion processes, especially when it is allocated for sowing spring wheat. Soil protection and soidal pastures largely eliminate this disadvantage. During the vaporization period, according to our data, the black vapor field accumulates 430 kg per 1 ha of nitrates in a layer of 0-150 cm, and when using mineral fertilizers at a dose of N40 P80 increases to 689 kg per 1 ha.*

*Keywords.* Soil fertility, water erosion of the soil, crop rotation, wet soil erosion, soil protection steam, nitrate nitrogen, plant sediments.

**Выводы.** 1. Переход на контурно-ландшафтное земледелие (КЛЗ) повышает плодородие склоновых земель, урожайность полевых культур и снижает до минимума отрицательное действие засухи.

2. Применение почвозащитных и сидеральных паров в севооборотах ослабляет действие водной, ветровой и биологической эрозии и способствуют гумусообразованию.

3. За период парования после чёрного пара накапливается большое количество (430 кг/га) нитратов.

4. К концу парования в почвозащитном пару эродируемость снижается в 6-8 раз по сравнению с черным и сидеральными парами. Разработанный нами почвозащитный пар устраняет недостатки чистого пара.

*Литература.*

1. Skorokhodov V.Yu., Maksyutov N.A., Mitrofanov D.V., Yartsev G.F., Kaftan Yu.V., Zenkova N.A. The effect of nitrate nitrogen on barley yield on chernozem of the southern steppe zone of the southern Urals//в сборнике: iop conference series: earth and environmental science. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness. Сер. "Сер. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science" 2021. – С. 012202.
2. Скороходов В.Ю., Зенкова Н.А. Образование и содержание гумуса в паровых полях севооборотов и бесменном пару на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья// Плодородие. – 2019. – № 6(111)-С. 28-31.
3. Листопадов И.Н., Техина М.В. Полевые севообороты в эрозионно опасных условиях Северного Кавказа/Севооборот в современном земледелии. – М., 2004. –С. 82-87.
4. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие. – М.: Агропромиздат, 1988. – 381 с.
5. Акишлов К.А. Научно-методические основы совершенствования земледелия в Северном Казахстане//Севооборот в современном земледелии. – М., 2004. – С. 92-97.
6. Кислов А.В. Севообороты и их роль в воспроизводстве почвенного плодородия, сохранении и повышении плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Оренбургской области. – Оренбург, 2002. – С.39-67.
7. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б. Теоретические основы систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения//Земледелие. – 2015. -№5. – С. 13-15.
8. Каиштанов А.Н. Охрана почв – важнейшая национальная проблема//Земледелие. -2007.- №4. – С. 10-11.
9. Хопрешинов В.Д., Хопрешинов С.В. Повышение почвозащитной устойчивости и продуктивности агроландшафтов в сухой степи Южного Урала//Проблемы земледелия, растениеводства и животноводства в степной районе. – Оренбург: Оренбургский НИИСХ, 1997. – С. 79-89.
10. Сунач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 258 с.
11. Кузнецов М.С., Абдулсанова Д.Р. Допустимые пределы эродированных потерь почв Центрально-Чернозёмной области европейской территории России/Почвоведение. – 2013. -№7. – С. 882-889.
12. Скороходов В.Ю. Биологический фактор воспроизводства гумуса и поддержания плодородия почвы в условиях степной зоны Южного Урала// Плодородие. – 2021. – № 2(119)- С.55-60.