6. Vadyunina A.F., Korchagin Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv. M.: Agropromizdat, 1986. – S. 146-218.
7. Bokov D.V. Opredelenie plotnosti pochvy na dne borozdy, obrazovannoy soshnikom // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. – 2004. – № 5. – 31 s.
8. Patent RF № 2222131 A 01 V 79/02 Sposob vyrashchivaniya propashnykh kul'tur i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya / V.I. Klimenko. № 20011015995/12; zayavl. 18.01.01; opubl. 27.01.04, Byul. № 3.
9. Patent № 1635 A 01 V 35/16 Disko-zubovyy rabochiy organ kul'tivatora-grebneobrazovatelya-okuchnika/ V. I. Klimenko, V. R. Petrovec, N. V. CHajchic, V. N. CHesnyk. № 20040098; zayavl. 09.03.04; opubl. 16.07.04.
10. Bashkirev A.P., Ivanov N.A. Osobennosti raboty kartofelesazhalok // V sbornike: Molodezhnaya nauka - garant innovacionnogo razvitiya APK materialy X Vserossiyskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. 2019. S. 195-198.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Башкирев Анатолий Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: tmv46@mail.ru.

Шварц Анатолий Адольфович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: aashwarz@mail.ru.

Шершнева Николай Сергеевич – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: shershnevnikola@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Bashkirev Anatoly – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: tmv46@mail.ru.

Shvarts Anatoly Adolfovich – Full Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: aashwarz@mail.ru.

Shershnev Nikolay – graduate student of of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: shershnevnikola@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 29.04.2020 Принята к публикации (Accepted): 02.06.2020

УДК 631.15:658.5:631.171

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-3-52-60

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ БИОМАССЫ ПОСЕВОВ СОИ СИСТЕМОЙ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

¹Зазуля Александр Николаевич

¹Синельников Александр Алексеевич

¹Стрыгин Сергей Петрович

²Портянкин Григорий Юрьевич

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
²ООО «Смартагро»

Аннотация. Использование технологий точного земледелия, как комплексного средства управления природно-техногенными системами, является одним из наиболее эффективных

методов развития сельскохозяйственной отрасли. Цель данной работы – мониторинг посевов сои в различные фазы развития растений, возделываемой по различным технологиям: традиционной, минимальной и нулевой. Состояние посевов оценивали с помощью системы «Агроаналитика», которая помогает определить: наличие влаги и интенсивность её испарения с поверхности почвы, равномерность всходов, очаги болезней растений, появления вредителей и сорняков, динамику развития биомассы и вегетационный индекс (NDVI) сельскохозяйственных культур на основе спутниковых снимков и съемок с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) без использования сторонних сервисов. При проведении исследования по определению состояния посевов сои, при помощи спутниковой системы, были получены изображения снимков экспериментальных участков поля и индекс вегетации на различных фазах развития растений. В начальные фазы развития растений вегетационный индекс изменяется в пределах от 0,4 до 0,6, в дальнейшем развитии, в них увеличивается содержание хлорофилла, и возрастает вегетационный индекс от 0,75 до 0,8. В фазу плодообразования растения набирают максимальную зеленую массу и снимки с полей показывают наибольший NDVI, при созревании происходит снижение вегетационного индекса, после уборки урожая, поля, свободные от растительности, имеют вегетационный индекс 0,25 – 0,26. Урожайность сои, посеянной по традиционной, минимальной и нулевой технологиям, составила: 24, 20,3 и 18,3 ц/га. Отслеживая по карте NDVI динамику развития биомассы за любой отрезок времени, специалисты хозяйства могли сфокусировать внимание на полях с неоднородной растительностью, своевременно принять меры по устранению причин, применить дифференцированный подход к внесению удобрений и планировать уборочную в оптимальные сроки.

Ключевые слова: соя, спутниковый мониторинг, биомасса, вегетационный индекс.

ANALYSIS OF THE DYNAMICS DEVELOPMENT SOYA'S BIOMASS WITH SATELLITE MONITORING SYSTEM

¹Zazulya Alexander

¹Sinelnikov Alexander

¹Strygin Sergei

²Portyankin Grigory

¹FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

²LLC "Smartagro"

Abstract. The use of precision farming technologies as a comprehensive tool for managing natural and man-made systems is one of the most effective methods for developing the agricultural sector. The purpose of this work is to monitor soybean crops in different phases of plant development, cultivated using different technologies: traditional, minimal and no-till. Crop condition was assessed using a system of "Agroanaltika" which helps to determine the presence of moisture and the intensity of evaporation from the soil surface, uniformity of germination, centers of plant diseases, pests and weeds, the growth of the biomass and the vegetation index (NDVI) of agricultural crops based on satellite images and filming with unmanned aerial vehicles (UAVs) without the use of third-party services. During the study to determine the state of soybean crops, satellite images of experimental field plots and vegetation index at various stages of plant development were obtained. In the initial stages of plant development, the vegetation index varies from 0.4 to 0.6, in further development, they increase the content of chlorophyll, and the vegetation index increases from 0.75 to 0.8. in the fruit-forming phase, plants gain the maximum green mass and images from the fields show the highest NDVI, during maturation, the vegetation index decreases, after harvesting, fields free of vegetation have a vegetation index of 0.25 – 0.26. The yield of soybeans sown using traditional, minimal and no-till technologies was: 24, 20.3 and 18.3 C / ha. By tracking the dynamics of biomass development over any period of time using the NDVI map, farm specialists could focus on fields with heterogeneous vegetation, take timely measures to eliminate the causes, apply a differentiated approach to fertilization, and plan harvesting in the optimal time frame.

Keywords: soybean seeds, monitoring, biomass, vegetation index.

Введение. Повышение эффективности производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции связано с обеспеченностью агропромышленного комплекса энергонасыщенной техникой нового поколения, высокоэффективными машинными технологиями, цифровыми системами и роботизированным оборудованием. [1, 2]

В настоящее время в сельском хозяйстве применяются системы спутникового мониторинга и съемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые осуществляют наблюдение за состоянием полей, датчики на технике, позволяющие отслеживать и анализировать технологический процесс в реальном времени через систему спутниковой навигации ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) и GPS (Global Positioning System).

Системы дистанционного зондирования земли анализируют поверхность поля, уровень влаги и состояние посевов. Это позволяет оценить качество посевных работ, состояние посевов и почв, распространение сорняков, вредителей и болезней растений [3].

Состояние посевов оценивается по снимкам при помощи различных индексов: *SAVI* (soil adjusted vegetation index) – отражение от почвенного слоя; *SMI* (soil moisture index) – индекс влажности почвы; *LAI* – индекс листовой поверхности; *FRAP* – индекс фотосинтетической активной радиации, поглощаемый растительностью; *NDVI* (normalized difference vegetation index) – нормализованный относительный индекс растительности, показатель количества фотосинтетически активной биомассы (вегетационный индекс). Для решения задач с количественными оценками растительного покрова, индекс *NDVI* является самым распространенным и часто используемым. [4-7]

Вегетационный индекс широко используют в сельском хозяйстве. Преимуществом *NDVI* – индекса является легкость его получения, так как для вычисления индекса не требуется никаких дополнительных данных, кроме непосредственно самой космической съемки и знания ее параметров. Для сельскохозяйственных работ очень важно иметь качественные снимки с высокой четкостью обрисовки полей, градиентностью посевов и других особенностей отображения полученных снимков. По динамическим картам можно определить особенности сезонной вегетации, судить о ее нарушениях, оценить качество проведенных сельскохозяйственных операций, осуществлять планирование таких работ, как дифференцированное внесение минеральных удобрений и гербицидных обработок. На их основе возможна количественная оценка прогнозируемого урожая различных сельскохозяйственных культур. По динамическим картам можно судить о возможности использования *NDVI* при мониторинге реального использования земель, дать оценку эффективности севооборота, выявить заброшенные поля, отследить зарастание полей, осуществить слежение за эрозийными и другими динамическими процессами. [4, 8]

Однако любые вегетационные индексы дают только относительные оценки свойств растительного покрова и не предоставляют абсолютных количественных показателей исследуемого свойства, и их значения зависят как от характеристик фотокамеры, так и от условий съемки. [9]

Материалы и методы. Для мониторинга состояния посевов сои использовали систему управления сельхозпредприятием «Агроаналитика-IoT» [3], которая предназначена для сбора и оценки состояния биомассы растений на основе спутниковых снимков и съемок с беспилотных летательных аппаратов.

Для определения вегетационного индекса используется общеизвестная формула [5]:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где отражения *NIR* – в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – в красной области спектра.

Согласно вышеприведенному выражению, плотность растительности (*NDVI*) в определенной точке изображения – это отношение разницы интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне к сумме их интенсивностей, при этом *NDVI* – индекс для растительности имеет положительные значения, которые тем выше, чем больше зеленая масса растений. Значение индекса зависит также от цвета почвы под разреженной растительностью, типа растительности, ее сомкнутости, состояния, угла наклона поверхности и т.д. [9].

Для расчета *NDVI* используют два наиболее стабильных участка спектральной кривой отражения растений. Максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом растений

находится в красной области спектра с длиной волны 0,6-0,7 мкм, область максимального отражения клеточных структур листа находится в инфракрасной области с длиной волны 0,7-1,0 мкм. Следовательно, для высокой фотосинтетической активности (связанной обычно с густой растительностью) характерно меньшее отражение в красной области спектра и большее - в инфракрасной. По отношению этих показателей друг к другу, можно четко выделить растительные объекты среди других природных объектов и проанализировать область максимального отражения клеточных структур листа. Если использовать вместо простого отношения нормализованную разность между минимумом и максимумом отражений, то точность измерения увеличится, что позволит уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой. [4, 10, 11]

Для определения вегетационного индекса можно использовать любые снимки, имеющие спектральные каналы в красном (0,55-0,75 мкм) и инфракрасном диапазоне (0,75-1,0 мкм). Алгоритм расчета *NDVI* заложен во все распространенные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных дистанционного зондирования (Arc View Image Analysis, ERDAS Imagine, ENVI, ErMapper, Scanex MODIS Processor, ScanView и др.). [4, 10 - 12]

Результаты и обсуждение. Мониторинг посевов сои, возделываемой по различным технологиям, проводились лабораторией «Использование машинно-тракторных агрегатов» ФГБНУ ВНИИТиН на опытных участках. Для этого были посеяны три экспериментальных участка поля соей по традиционной, минимальной и нулевой технологиям. Наблюдения за развитием сои осуществлялись от момента посева семян до уборки урожая. [13]

На рисунках 1 – 3 представлены изменение вегетационного индекса, динамика развития биомассы сои в различных фазах вегетации: а – фаза двух - трех трехлистников; б – фаза бутонизация - цветение, в – фаза плодообразования, г – завершающий этап образования бобов, д – созревание, е – уборка.

На рисунке 1 представлены изображения изменения вегетационного индекса обследуемого поля сои, возделываемого по традиционной технологии.

Рисунок 1 – Изменение вегетационного индекса поля сои, традиционная

На рисунке 2 представлены изображения изменения вегетационного индекса обследуемого поля сои, возделываемого по минимальной технологии.

Рисунок 2 – Изменение вегетационного индекса поля сои, минимальная

На рисунке 3 представлены изображения изменения вегетационного индекса обследуемого поля сои, возделываемого по нулевой технологии.

Рисунок 3 – Изменение вегетационного индекса поля сои, нулевая

Как видно из рисунков, в начальные фазы развития, когда растения не полностью покрывают почву, вегетационный индекс изменяется в пределах от 0,4 до 0,6. При дальнейшем развитии, в фазах ветвление, бутонизация, цветение, растения практически полностью закрывают поверхности почвы, в них увеличивается содержание хлорофилла и, соответственно, возрастает вегетационный индекс от 0,75 до 0,82. В фазу плодообразования растения набирают максимальную зеленую массу и снимки с полей показывают наибольший *NDVI* - индекс. При созревании, листья у сои желтеют и опадают, бобы теряют окраску и становятся жесткими, происходит снижение вегетационного индекса. После уборки урожая, поля, свободные от растительности, имеют вегетационный индекс 0,25 – 0,26.

Во время вегетации наблюдалось снижение *NDVI* (20.07.2019), что связано с остаточным последствием пестицидной обработки. Также на рисунке 3(г, д) видны участки поля с неоднородной растительностью и низким *NDVI*, что может быть связано с дефицитом удобрений.

На рисунках 4 – 6 представлены динамика развития сои от момента посева семян до уборки урожая. На рисунке 4 представлена динамика развития сои, возделываемой по традиционной технологии, от посева до уборки урожая.

Рисунок 4 – Динамика развития биомассы сои, традиционная

Как видно из графика рисунка 4 индекс биомассы динамически менялся по мере развития растений. По мере созревания растений, образования бобов снижается содержание хлорофилла и уменьшаются показания вегетационного индекса. Также во время вегетации наблюдалось падение *NDVI*, в третью декаду июня (с 20.06.2019 по 1.07.2019), что связано с гербицидной обработкой полей. Так как гербициды уничтожают сорные растения и оказывают угнетающее воздействие на культурные растения, происходит, на общем фоне поля, снижение хлорофилла в растениях, что ведет к падению показаний вегетационного индекса. В дальнейших стадиях роста и развитии, растения выходят из стрессового состояния, увеличивается содержания хлорофилла в них, и возрастает вегетационный индекс.

На рисунке 5 представлена динамика развития сои, возделываемой по минимальной технологии, от посева до уборки урожая.

Рисунок 5 – Динамика развития биомассы сои, минимальная

Как видно из графика рисунка 5, изменение индекса биомассы происходило схоже с динамикой роста на поле, возделываемой по традиционной технологии (рисунок 4). Также во время вегетации наблюдалось падение *NDVI*, в третью декаду июня (с 20.06.2019 по 1.07.2019), связанное с гербицидной обработкой, в следствии засыхания и уничтожения сорных растений.

На рисунке 6 представлена динамика развития сои, возделываемой по нулевой технологии, от посева до уборки урожая.

Рисунок 6 – Динамика развития биомассы сои, нулевая

Как видно из графика рисунка 6 индекс биомассы динамически менялся по мере развития растений. По мере созревания растений, образования бобов снижается содержание хлорофилла и уменьшаются показания вегетационного индекса. Также во время вегетации наблюдалось падение *NDVI* (20.07.2019), что связано с остаточным последствием пестицидной обработки.

В результате, урожайность сои, посеянной по традиционной, минимальной и нулевой технологиям, составила: 24, 20,3 и 18,3 ц/га соответственно. [13]

Заключение. Отслеживая по карте *NDVI* динамику развития биомассы, агроном может своевременно принять меры по устранению причин на полях с неоднородной растительностью. Это касается в первую очередь водонасыщенности почвы, состояния листовой поверхности растений при недостатке удобрений и микроэлементов, необходимых для роста и развития растений в фиксируемом периоде времени, а также качество проведения защитных мероприятий.

Список литературы

1. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 7. – С. 2-7.
2. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Развитие интенсивных машинных технологий, роботизированной техники, эффективного энергообеспечения и цифровых систем в агропромышленном комплексе // Техника и оборудование для села. 2019. – № 6. – С. 2-9.
3. Агроаналитика. Возможности системы [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://smartagro.ru/functions> (Дата обращения: 10.09.2019).
4. Дубинин М.Ю. *NDVI* – теория и практика [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (Дата обращения: 8.02.2019).
5. Crippen R.E. Calculating the vegetation index faster / Remote Sensing of Environment. – 1990. – № 34. – P. 71-73.
6. Huete A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI) / Remote Sensing of Environment. – 1988. – V. 25. – № 3. – P. 295-309.
7. Lopes H.L., Accioly L.J.O., da Silva F.H.B.B., Sobral M.D.C.M., de AraújoFilho J.C., Candeias A.L.B. Spatial distribution of soil moisture using land surface temperature and vegetation indices / Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. – 2011. – V. 15. – №3. – P. 973 -980.
8. Prishchepov V.A., Müller D., Dubinin M., Bauman M., Radeloff V.C. Determinants of agricultural land abandonment in post-Soviet European Russia / Land Use Policy. – 2013. – №3. – P. 873 -884.
9. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / Геоматика. – 2009. – №3. – С. 28-32.
10. Radeloff V.C., Dubinin M., Helmers D.P., Pidgeon A.M., Razenkova E., Suttodate N., Zhu L., Hobi M.L., Kolesov D., Coops N.C., Allen A.M., Brooks T.M., Clayton M.K., Costa G.C., Graham C.H., Ives A.R., Rapacciuolo G., Young B.E. The Dynamic Habitat Indices (DHIs) from MODIS and global biodiversity / Remote Sensing of Environment. – 2019. – T. 222. – P. 204-214.
11. Руснак И.О. Прогнозирование урожайности сельхозкультур на основе дистанционного зондирования из космоса // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2012. – №1. – С. 41 -42.

12. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том I. / Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 808 с.

13. Завражнов А.И., Зазуля А.Н., Балашов А.В., Синельников А.А., Сtryгин С.П., Беляев А.А. Результаты производственных исследований зарубежного агрегата на посеве сои возделываемой по различным технологиям // Наука в центральной России. – 2020. – № 1. – С. 36 – 43.

References

1. Lachuga YU.F., Izmajlov A.YU., Lobachevskij YA.P., SHogenov YU.H. Intensivnye mashinnye tekhnologii, robotizirovannaya tekhnika i cifrovye sistemy dlya proizvodstva osnovnykh grupp sel'skhozaystvennoj produkcii // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2018. – № 7. – С. 2-7.

2. Lachuga YU.F., Izmajlov A.YU., Lobachevskij YA.P., SHogenov YU.H. Razvitie intensivnykh mashinnykh tekhnologiy, robotizirovannoy tekhniki, effektivnogo energoobespecheniya i cifrovyykh sistem v agropromyshlennom komplekse // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2019. – № 6. – С. 2-9.

3. Agroanalitika. Vozmozhnosti sistemy [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa : <http://smartagro.ru/functions> (Data obrashcheniya: 10.09.2019).

4. Dubinin M.YU. NDVI – teoriya i praktika [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa : <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (Data obrashcheniya: 8.02.2019).

5. Crippen R.E. Calculating the vegetation index faster / Remote Sensing of Environment. – 1990. – № 34. – P. 71-73.

6. Huete A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI) / Remote Sensing of Environment. – 1988. – V. 25. – № 3. – P. 295-309.

7. Lopes H.L., Accioly L.J.O., da Silva F.H.B.B., Sobral M.D.C.M., de AraújoFilho J.C., Candeias A.L.B. Spatial distribution of soil moisture using land surface temperature and vegetation indices / Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. – 2011. – V. 15. – №3. – P. 973 -980.

8. Prishepov V.A., Müller D., Dubinin M., Bauman M., Radeloff V.C. Determinants of agricultural land abandonment in post-Soviet European Russia / Land Use Policy. – 2013. – №3. – P. 873 -884.

9. Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. Spektral'nye svojstva rastitel'nosti i vegetacionnye indeksy / Geomatika. – 2009. – №3. – С. 28-32.

10. Radeloff V.C., Dubinin M., Helmers D.P., Pidgeon A.M., Razenkova E., Suttidate N., Zhu L., Hobi M.L., Kolesov D., Coops N.C., Allen A.M., Brooks T.M., Clayton M.K., Costa G.C., Graham C.H., Ives A.R., Rapacciuolo G., Young B.E. The Dynamic Habitat Indices (DHIs) from MODIS and global biodiversity / Remote Sensing of Environment. – 2019. – T. 222. – P. 204-214.

11. Rusnak I.O. Prognozirovanie urozhajnosti sel'hozkul'tur na osnove distancionnogo zondirovaniya iz kosmosa // Ekonomika sel'skhozaystvennykh i pererabatyvayushchih predpriyatij. – 2012. – №1. – С. 41 -42.

12. Gringof I.G., Kleshchenko A.D. Osnovy sel'skhozaystvennoj meteorologii. Tom I. / Potrebnost' sel'skhozaystvennykh kul'tur v agrometeorologicheskikh usloviyakh i opasnye dlya sel'skhozaystvennogo proizvodstva pogodnye usloviya. Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MCD», 2011. – 808 s.

13. Zavrazhnov A.I., Zazulya A.N., Balashov A.V., Sinel'nikov A.A., Strygin S.P., Belyaev A.A. Rezul'taty proizvodstvennykh issledovaniy zarubezhnogo agregata na poseve soi vozdel'yvaemoj po razlichnym tekhnologiyam // Nauka v central'noj Rossii. – 2020. – № 1. – С. 36 – 43.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Зазуля Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: zazulya_an@rambler.ru.

Синельников Александр Алексеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: ntc.agro@yandex.ru.

Стрыгин Сергей Петрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: sew1982@gmail.com.

Портянкин Григорий Юрьевич – генеральный директор ООО «Смартагро», Россия, г. Тамбов, e-mail: g.portyankin@smartagro24.ru.

Author credentials**Affiliations**

Zazulya Alexander – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: zazulia_an@rambler.ru.

Sinelnikov Alexander – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: ntc.agro@yandex.ru.

Strygin Sergei – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: sew1982@gmail.com.

Portyankin Grigory – General Director of LLC “Smartagro”, Russia, Tambov, e-mail: g.portyankin@smartagro24.ru.

Поступила в редакцию (Received): 17.02.2020 Принята к публикации (Accepted): 08.06.2020

УДК 631.362.34

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-3-60-67

**ВЗАИМОСВЯЗЬ КАЧЕСТВА ТРИЕРНОЙ ОЧИСТКИ ПШЕНИЦЫ
С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ДЛИННОЙ ПРИМЕСИ**

¹*Анашкин Александр Витальевич*

¹*Тишанинов Николай Петрович*

¹*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»*

Реферат. Известно, что на качественные показатели триерной очистки зерносмесей от длинных примесей оказывает влияние множество факторов, один из которых – содержание примесного компонента в зерносмеси. Для установления взаимосвязей качественных показателей процесса триерной очистки зерна от длинных примесей с величиной исходной засоренности использовали разработанный нами ранее стенд для исследований ячеистых поверхностей циклического действия. Установлено, что при увеличении исходной засоренности зерносмеси от 1% до 2% количество захваченных примесных частиц при наличии полноценного циркулирующего сегмента выросло в 4 раза. При увеличении засоренности до 3% их число возросло еще на 26%. Экспериментально установлено, что остаточная засоренность выросла в 2,33 раза при увеличении исходной засоренности от 1% до 2% и еще в 1,64 раза при увеличении исходной засоренности до 3%. При увеличении продолжительности процесса стеновой очистки зерна от длинных примесей остаточная засоренность очищенного зерна возрастает, а расчетные потери полноценного зерна в отходы снижается. Достижение заданного уровня остаточной засоренности в 0,1% увеличивает потери в 2,27 раза при увеличении исходной засоренности от 1% до 2% и еще в 1,21 раза при росте засоренности до 3%. Если регламентировать неизбежные потери полноценного зерна на уровне 2%, то остаточная засоренность очищенного продукта составит 0,05%, 0,13% и 0,17% для исходной засоренности соответственно 1%, 2% и 3%.

Ключевые слова: овсюжный триер, зерно, очистка, качество, длинные примеси, остаточная засоренность, потери.

**RELATIONSHIP BETWEEN THE QUALITY OF TRIER CLEANING OF WHEAT
AND THE CONCENTRATION OF LONG IMPURITY**

¹*Anashkin Alexander*

¹*Tishaninov Nikolay*

¹*FSBSI “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”*