



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-7-11>

УДК: 631. 611-631.316.022.2

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

Изменение физических свойств залежных земель при их восстановлении

✉ Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Иванников А.Б., Чернышов А.П.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Изучено изменение физико-механических свойств почвы в зависимости от способов ее обработки. Эксперименты проведены в Новосибирской области с апреля по сентябрь 2023 г. Для изучения структуры почвы выполнен почвенный разрез на глубину 0,7 м. Определено, что почва на участках опыта серая лесная, толщина дернового слоя в среднем 10 см, глубина залегания гумусового горизонта 25–27 см, под гумусовым слоем виден слой супеси. Обработку залежной почвы проводили почвообрабатывающим агрегатом АКП-2,5Н с трактором МТЗ-80Л, ширина захвата 1,8 м. Рабочий орган АКП-2,5Н выполнен в виде прямой стойки с лапой размером 410 мм, кроме этого на стойку устанавливали небольшой отвал. На агрегате предусмотрена установка катков диаметром 600 мм. Для определения режимов работы агрегата проведены исследования в почвенном канале. Установлено, что рабочая скорость агрегата с отвалами должна быть не более 2,22 м/с, или 8 км/ч. Условия проведения эксперимента: почва серая лесная, температура воздуха не ниже 10 °С, влажность воздуха не более 70%, относительная влажность не ниже 18%, ветер не выше 2 м/с, средняя длина гона не менее 70 м, отсутствие засоренности поля камнями. Установлено, что наиболее рациональный способ введения залежных серых лесных почв в сельскохозяйственный оборот является их обработка агрегатами АКП-2,5Н с рабочими органами, оснащенными отвалами. После трех обработок содержание частиц почвы менее 10 мм составляет до 93,1%, почва быстрее впитывает влагу и снижает твердость до 15 кг/см², что соответствует твердости почвы, находящегося в обороте поля. Получены уравнения закономерности изменения фракционного состава почвы размером менее 10 мм и более 50 мм в зависимости от сроков и количества обработок.

Ключевые слова: почвообрабатывающий агрегат АКП-2,5Н, культиватор, кольцевой каток, залежная земля, влажность, твердость почвы

Changes in the physical properties of fallow lands during their regeneration

✉ Yakovlev N.S., Rassomakhin G.K., Ivannikov A.B., Chernyshov A.P.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

The change of physical and mechanical properties of soil depending on the methods of its cultivation has been studied. The experiments were carried out in the Novosibirsk region from April to September 2023. To study the structure of the soil, a soil section was made to a depth of 0.7 meters. It was determined that the soil at the experiment plots was gray forest, the thickness of the turf layer was on average 10 cm, the depth of the humus horizon 25–27 cm, a layer of sandy loam was observed under the humus layer. Fallow land cultivation was carried out by the tillage combine AKP-2.5N with MTP-80L tractor and the working width of 1.8 meters. The working body of the AKP-2.5N was made in a form of a straight rack with a blade measuring 410 mm, in addition, a small screen was installed

on the rack. The unit provides for the installation of the rollers with a size of 600 mm. To determine the operating modes of the unit, studies were carried out in the soil channel. It was found that the operating speed of the unit with installed screen should be no more than 2.22 m/s or 8 km/h. The conditions of the experiment: gray forest soil, air temperature not lower than 10 °C; air humidity no more than 70%; relative humidity of at least 18%, wind speed not higher than 2 m/s; the average length of the rut is not less than 70 m and without stones on the field. It has been concluded that the most rational way to introduce fallow gray forest soils into agricultural circulation is to treat them with AKP-2.5N units with working bodies equipped with blades. After three treatments, the content of soil particles less than 10 mm is up to 93.1%, the soil absorbs moisture faster and reduces the hardness to 15 kg/cm², which corresponds to the hardness of the soil of the field in rotation. Equations of regularity of changes in the fractional composition of soil with a size of less than 10 mm and more than 50 mm depending on the timing and number of treatments have been obtained.

Keywords: tillage combine AKP-2.5N, cultivator, ring roller, fallow lands, humidity, soil hardness

Для цитирования: Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Иванников А.Б., Чернышов А.П. Изменение физических свойств залежных земель при их восстановлении // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 7. С. 106–116. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-7-11>

For citation: Yakovlev N.S., Rassomakhin, G.K., Ivannikov A.B., Chernyshov A.P. Changes in the physical properties of fallow lands during their regeneration. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 7, pp. 106–116. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-7-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

По данным Министерства сельского хозяйства, в Российской Федерации не используют около 44 млн га сельскохозяйственных земель, из которых пашня составляет около 20 млн га, или 11,5% общей площади¹. В последние годы неконтролируемое возгорание сухой травы на залежных землях приводит к негативным экологическим и социальным последствиям. От всех неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения залежь составляет примерно 10%, или 4,4 млн га. В условиях экономических санкций освоение такого количества залежных земель будет способствовать повышению продовольственной независимости страны^{2,3}.

Максимальный прирост залежных земель произошел в 2004 г., в 2005–2006 гг. их площадь продолжала увеличиваться [1]. Всего

по Новосибирской области на 2023 г. числится 853,9 тыс. га брошенной земли. Только в 2022 г. выбыло из оборота 16 200 га сельскохозяйственных земель.

В 2021 г. в Российской Федерации была утверждена государственная программа по возвращению в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса со сроком реализации 10 лет. За это время запланировано вернуть в оборот 13 млн га земли. Предполагается, что на это потратят более 754 млрд р., в том числе 538 млрд р. выделяют из федерального бюджета до 2031 г., еще часть средств предоставят регионы. Запланировано также при вводе залежных земель в оборот проведение межевания территории путем фото- и видеофиксации отдельно взятых участков посредством использования беспилотных летательных аппаратов с привязкой к геолокации⁴ [2].

¹Россия в цифрах. 2019: крат. стат. сб. / Росстат. М., 2019, 317 с.

²Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России / под ред. акад. РАСХН А.В. Гордеева, Г.А. Романенко. М.: Росинформагротех, 2008. 67 с.

³Смолин Н.В., Бочкарев Д.В., Зайчикова Т.Ф. и др. Влияние различных доз раундапа на угнетение доминантных видов сорных трав залежных земель // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 2. С. 37–38.

⁴Голубев И.Г., Кудрявцев А.В., Туманов И.В. и др. Цифровая технология мониторинга ландшафтов // Сборник трудов научно-практической конференции XII Междунар. науч.-практ. интернетконф. М.: Росинформагротех, 2020. № 1. С. 254–258.

Проблемой возвращения залежных земель в сельскохозяйственный оборот занимаются многие научные учреждения. Во Всероссийском научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова на основе проведенных исследований трансформации залежных земель установлена целесообразность дальнейшего использования вышедших из оборота земель в сельском хозяйстве в зависимости от возраста залежи [3]. Исследования с целью выявления эффективных приемов освоения залежных земель проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте земледелия и защиты почв от эрозии. Установлено, что обработка почвы дисковой бороной БДТ-3 приводит к увеличению засоренности, изреживанию посевов, их более слабому развитию и в итоге к снижению урожайности по сравнению со вспашкой⁵. В Институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (филиал ФИАЦ ВИМ) ведут исследования по разработке технологий и технических средств с новыми рабочими органами для восстановления залежных земель в Северо-Западном регионе Российской Федерации, в том числе для условий органического земледелия. Борьба с сорными растениями в органическом земледелии означает использование таких методов обработки, которые позволяют бороться с корневищами, вынося их из земли на поверхность, где они увядают и засыхают [1, 4–6].

В Институте почвоведения и агрохимии СО РАН проведены исследования по определению растительного покрова средневозрастных залежей лесостепной зоны Новосибирской области [7]. Отмечено, что при выявлении разновозрастных залежей достаточно сложно, а часто невозможно найти залежные участки одного и того же возраста в одинако-

вых условиях. Помимо этого, сенокошение и травяные палы блокируют развитие сукцессии, возвращая ее на предыдущие стадии зарастания [8]. Еще в 1919 г. в своей книге «Общее земледелие» академик В.Р. Вильямс описал смену естественной растительности от бурьянистого перелога через корневищную (пырейную) фазу и стадию твердого перелога к восстановлению типичной зональной растительности⁶. Так, все зарастающие поля по продолжительности периода, прошедшего с момента прекращения использования, условно разделяют на четыре основные группы: первая (начало зарастания) – 1–5 лет, вторая – 5–10 лет, третья – 10–15 лет, четвертая – сомкнутый молодой лес, примерный возраст которого 15–20 лет⁷ [9].

Цель исследования – изучить изменения физико-механических свойств почвы в зависимости от способов ее обработки.

Задачи исследования:

- исследовать изменение фракционного состава почвы в зависимости от количества и времени обработок;
- определить изменение влажности и твердости залежной почвы в течение летнего периода в зависимости от ее обработки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые эксперименты проведены в Новосибирской области с апреля по сентябрь 2023 г. Для изучения структуры почвы выполнен почвенный разрез на глубину 0,7 м. Определено, что почва серая лесная, толщина дернового слоя составляет в среднем 10 см, глубина залегания гумусового горизонта 25–27 см, под гумусовым слоем слой супеси. Горизонт $A_{\text{пах}}$ (10–27 см) темно-серый, комковато-порошистый, среднесуглинистый, уплотненный. Отмечено наличие редких корней, переход волнистый по цвету, заметен по

⁵Черкасов Г.Н., Сосов Н.А. Эффективность приема освоения залежных земель под зерновые культуры на склонах ЦЧЗ // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С 35–37.

⁶Методика эффективного освоения разновозрастных залежей на основе многовариантных технологий под пастбища и сенокосы и очередности возврата их в пашню в Нечерноземной зоне РФ / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. М.: ООО «Угreshская типография», 2017. 64 с.

⁷Кудрявцев А.В., Голубев В.В., Конаев Е.В. Технические средства мелиоративных работ: учеб. пособие. Тверь: Тверская ГСХА, 2017. 131 с.

плотности. Горизонт АВ (28–45 см) светлый с сероватым оттенком, среднесуглинистый, увлажненный, уплотненный, видны затеки в виде языков серого цвета, включения единичных угольков, присутствуют корни люцерны, уходящие на глубину.

Обработку залежной почвы проводили почвообрабатывающим агрегатом АКП-2,5Н. Агрегат приспособлен для работы с тракторами МТЗ-80, МТЗ-82 и МТЗ-1221. Ширина захвата может изменяться от 1,8 до 2,5 м в зависимости от тягового усилия трактора. Рабочий орган АКП-2,5Н выполнен в виде стандартной прямой стойки с лапой размером 410 мм, кроме этого на стойку можно устанавливать небольшой отвал (см. рис. 1) [10]. На агрегат предусмотрена установка катков диаметром 500 или 600 мм с рабочей шириной 1,8 и 2,5 м. Для выбора наиболее приемлемого варианта рабочего органа проведены исследования в почвенном канале. В результате эксперимента определено, что рабочая скорость агрегата с установленными отвалами должна быть не более 2,22 м/с, или 8 км/ч. В дальнейшем это подтверждено исследованиями на поле при обработке залежи: с повышением скорости агрегата более 8 км/ч увеличивается перемещение отрезанного пласта дернины, что затрудняет обработку. Условия проведения экспериментальных исследований: почва серая лесная, температура воздуха не менее 10 °С, влажность воздуха не более 70%, относительная влажность не менее 18%, ветер не выше 2 м/с, средняя длина гона 70 м, отсутствие засоренности поля камнями.

Для опыта выбрали два участка: на участке № 1 обработку проводили культиватором без отвала и кольцевого катка на глубину 10 см, последующие, на эту же глубину – культиватором с отвалами и кольцевым катком с диаметром кольца 600 мм; на участке № 2 первую обработку проводили на глубину 10 см культиватором с рабочим органом, оснащенным отвалом, но без кольцевого катка.



Рис. 1. Трактор МТЗ-80Л с почвообрабатывающим агрегатом АКП-2,5Н (а) и стойка, оснащенная отвалом (б)

Fig. 1. MTP-80L tractor with a tillage combine AKP-2.5N (a) and a rack equipped with a blade (б)

Последующие обработки до полного восстановления пашни осуществляли культиватором с рабочими органами, оснащенными отвалами и кольцевым катком с диаметром кольца 600 мм. В соответствии с программой и методикой исследований необходимые измерения твердости почвы проводили пенетрометром SC-900, определение влажности почвы, степени рыхления, глубины обработки почвы выполняли в соответствии со стандартными методиками⁸. Экспериментальные данные обрабатывали с использованием стандартных программ⁹.

⁸ГОСТ 20915–2011. Методы определения условий испытаний. М.: Стандартиформ. 2013.18 с.

⁹Валге А.М., Джабборов Н.И., Эвиев В.А. Основы статистической обработки экспериментальных данных при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства с примерами на STATGRAPHICS и EXCEL. СПб. – Элиста, 2015. 140 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При первой обработке залежи 29 мая 2023 г. влажность почвы на глубине 10 см составляла 10%, плотность 1,24 г/см³, при этом твердость достигла 42,5 кг/см². С увеличением глубины влажность повышалась до 15%, плотность – до 1,33 г/м³. Самая высокая твердость (свыше 40 кг/см²) отмечена при низкой влажности (10–13%) в пределах горизонта А, где располагается гумусовый слой. С погружением плунжера твердомера в слой супеси, где влажность в пределах 14–15%, твердость почвы снижалась до 23–16 кг/см². Наличие корней в слое 0–10 см составляло 7,6 кг/м², 10–20 см – 0,6 кг/м². Средняя толщина дернового слоя была равна 80–100 мм, степень задернения – 24,36 г/дм², удельное сопротивление дернины на разрыв – 1,18 Н/см².

На рис. 2 представлена диаграмма изменения фракционного состава почвы на участке № 1. Можно отметить, что обработка, которая проведена 16 июня агрегатом АКП-2,5Н, позволила получить до 65,5% частиц почвы размером менее 10 мм. Следующая обработ-

ка 19 июня проведена кольцевой бороной. При этом количество частиц размером менее 10 мм увеличилось до 88,6%. Через 20 дней на поле появились сорняки и прошли дожди, почва уплотнилась. В связи с этим после обработки кольцевой бороной 12 июля количество частиц размером менее 10 мм сократилось до 79,9%, частиц более 50 мм увеличилось до 10,5%.

Первая обработка залежи, которую проводили 29 мая 2023 г., на диаграммах рис. 2 не указана, так как фракционный состав после первой обработки не определялся. Закономерность изменения фракционного состава почвы размером менее 10 мм на участке № 1 в зависимости от сроков обработки и их количества представлена на рис. 3 и выражена уравнением

$$y = -4,5725x^2 + 32,345x + 25,952, \quad (1)$$

где y – количество частиц почвы размером менее 10 мм в общем объеме, %; x – количество обработок, прошедших после первого рыхления залежи.

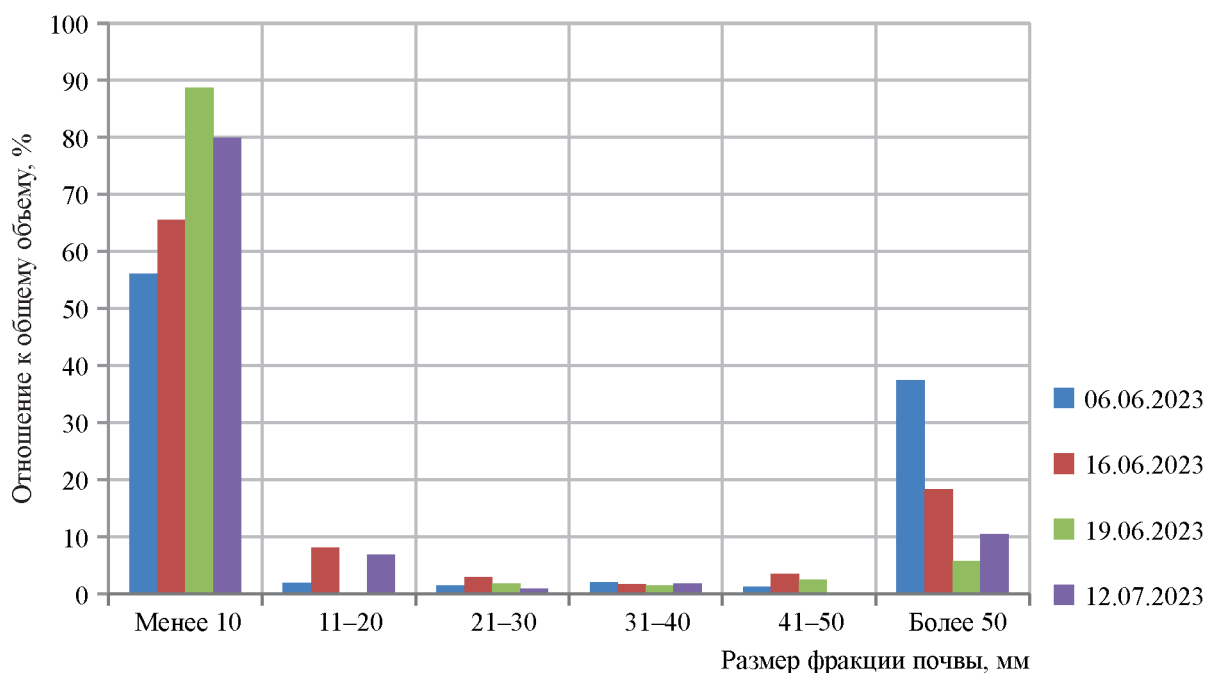


Рис. 2. Изменение фракционного состава почвы на участке № 1 в зависимости от времени обработки и зарастания сорняками

Fig. 2. Change in the fractional composition of the soil at the site No.1 depending on the time of treatment and overgrowth with weeds

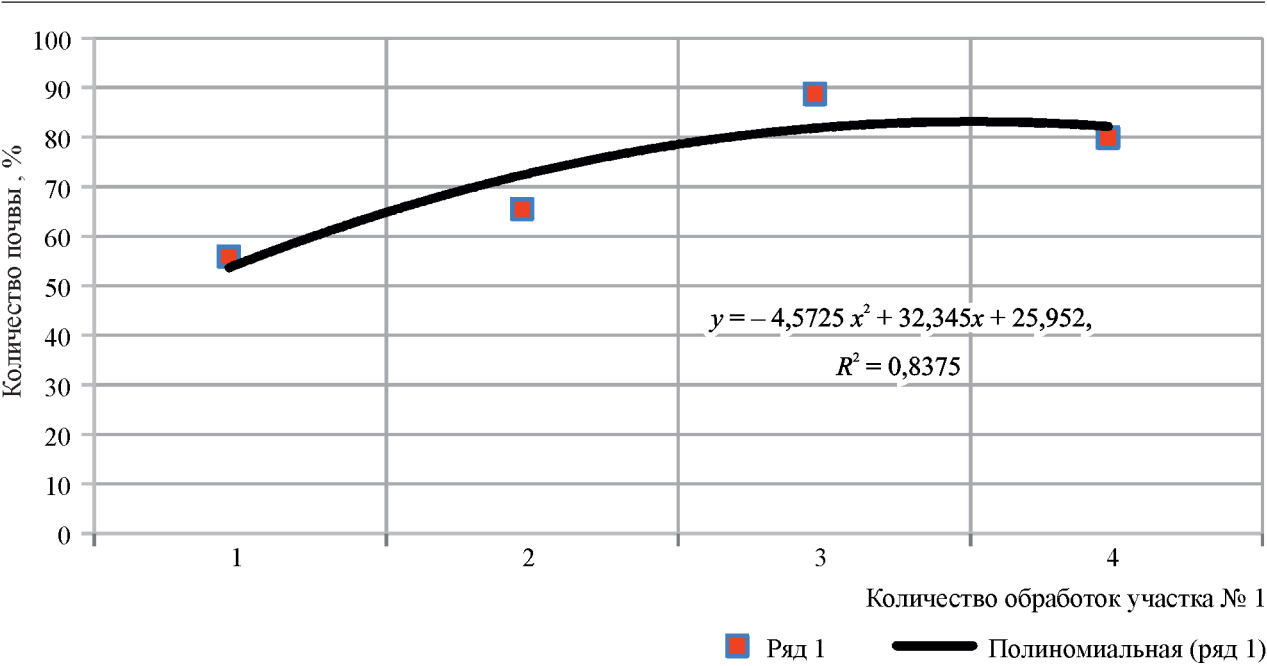


Рис. 3. Изменение количества частиц почвы размером менее 10 мм

Fig. 3. Change in the number of soil particles smaller than 10 mm

Закономерность изменения фракционно-го состава почвы размером более 50 мм в зависимости от сроков обработки и их количества представлена на рис. 4 и выражена уравнением

$$y = 5,9475x^2 - 39,053x + 70,993, \quad (2)$$

где y – количество частиц почвы размером более 50 мм в общем объеме, %; x – количе-

ство обработок, прошедших после первого рыхления залежи.

Сущность обработки залежи серых лесных почв заключается в отделении слоя дернины от почвы. Рабочий орган должен максимально взрыхлить дернину, не нарушая ее целостность. Анализ графиков и полученных уравнений показывает, что обработка залежи агрегатом АКП-2,5Н без оснащения рабочих

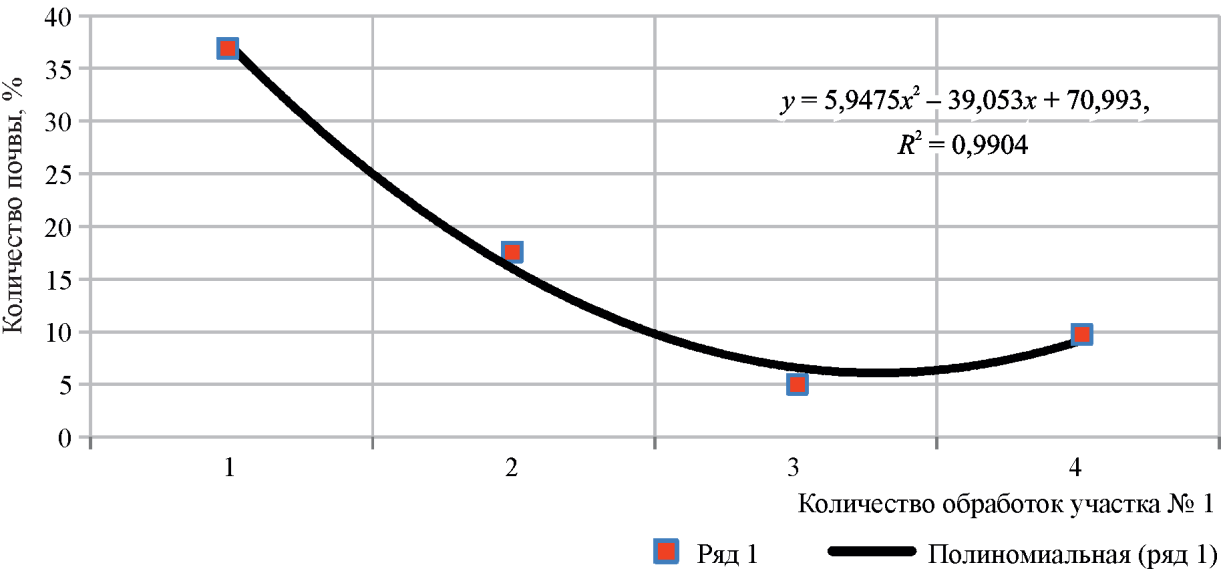


Рис. 4. Изменение количества частиц почвы размером более 50 мм

Fig. 4. Change in the number of soil particles larger than 50 mm

органов отвалами не обеспечивает качественную обработку почвы. Наибольшее количество частиц почвы размером менее 10 мм (88,6%) получается только после четвертой обработки с применением отвалов. Последующие обработки освоенной залежи проводят по мере необходимости избавления от вновь отросших сорняков, поэтому увеличения мелкой фракции не происходит, так как между обработками почва успевает уплотниться.

На рис. 5 представлена диаграмма изменения фракционного состава почвы на участке № 2 в зависимости от способа обработки и времени зарастания сорняками. Данные эксперимента позволяют сделать вывод, что третья обработка, проведенная 16 июня агрегатом АКП-2,5Н, рабочие органы которого оснащены отвалами, позволила получить самое высокое содержание частиц менее 10 мм (93,1%). Замер фракционного состава почвы на участке № 2 через 3 дня показал, что частиц размером менее 10 мм сократилось до 88,75%. Это можно объяснить тем, что 16–18 июня выпали осадки, влажность почвы повысилась и почва уплотнилась.

Закономерность изменения фракционного состава почвы размером менее 10 мм на участке № 2 в зависимости от сроков обработки и их количества представлена на рис. 6 и выражена уравнением

$$y = 4,1467x^3 - 38,5x^2 + 110,98x - 8,04, \quad (3)$$

где y – количество частиц почвы размером менее 10 мм в общем объеме, %; x – количество обработок, прошедших после первого рыхления залежи.

Закономерность изменения фракционного состава почвы размером более 50 мм в зависимости от сроков обработки и их количества представлена на рис. 7 и выражена уравнением

$$y_1 = -5,0217x^3 + 45,125x^2 - 127x + 115,04, \quad (4)$$

где y_1 – количество частиц почвы размером более 50 мм в общем объеме, %; x – количество обработок, прошедших после первого рыхления залежи.

Из анализа рис. 3, 4 и 6, 7 понятно, что установка отвалов на рабочие органы агрегата АКП-2,5Н позволяет сократить количество обработок залежных почв, следовательно, сэкономить топливо и сократить затраты труда.

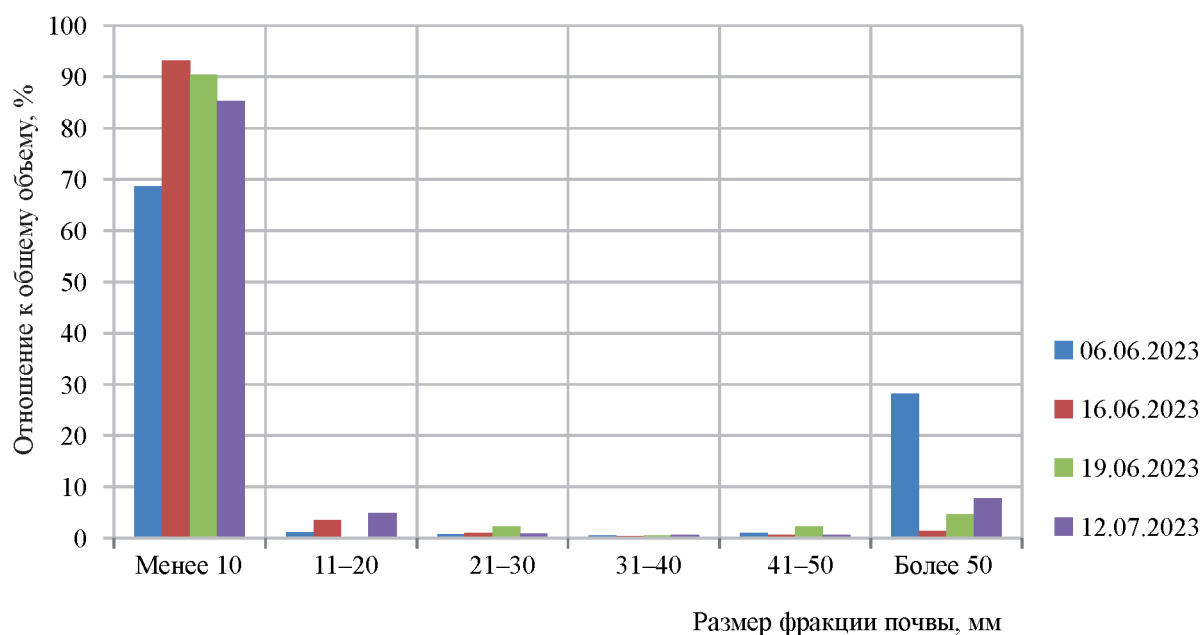


Рис. 5. Изменение фракционного состава почвы на участке № 2 в зависимости от времени обработки и зарастания сорняками

Fig. 5. Changes in the fractional composition of the soil at site No. 2 depending on the time of treatment and overgrowth with weeds

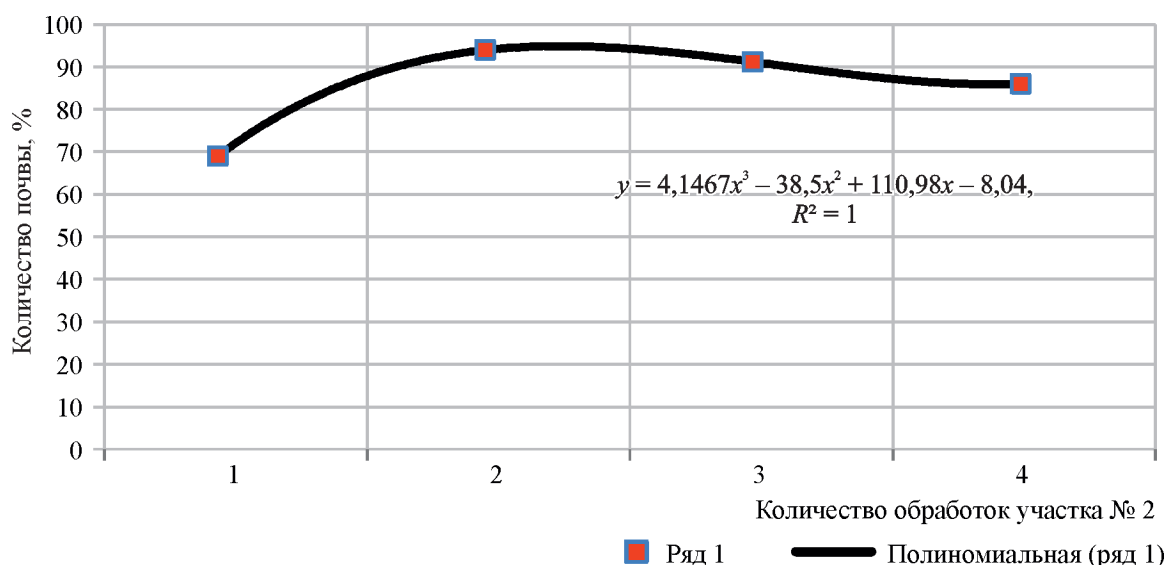


Рис. 6. Изменение количества частиц почвы размером менее 10 мм

Fig. 6. Change in the number of soil particles smaller than 10 mm

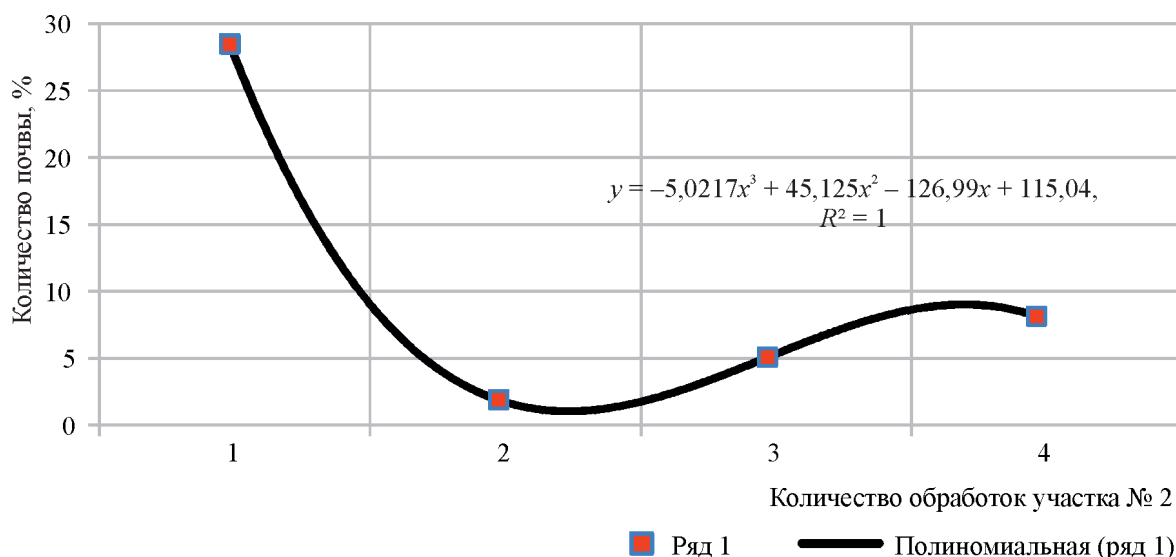


Рис. 7. Изменение количества частиц почвы размером более 50 мм

Fig. 7. Change in the number of soil particles larger than 50 mm

При обработках залежной серой лесной почвы с интервалом менее 10 дней можно сократить число комков фракции более 50 мм и увеличить состав фракции менее 10 мм. При увеличении интервала между обработками более чем на 10 дней количество комочков почвы менее 10 мм сокращается, более 50 мм – увеличивается за счет естественного уплотнения почвы и появления сорной растительности. Чем больше интервал времени между обработками, тем меньше комочков

почвы размером менее 10 мм и больше размером более 50 мм. При наличии осадков интервал сокращается, при их отсутствии увеличивается. Сроки и способы обработки залежных земель во многом зависят от погоды в данный период. В 2023 г. весной и в первой половине лета осадков практически не было. Осадки, которые выпадали за этот период, влияния на влажность почвы не оказали.

По данным метеостанции «Огурцово», среднестатистическая норма осадков по ме-

сяцам вегетации зерновых культур в Новосибирском районе Новосибирской области за 1991–2021 гг. составила в мае 39 мм, июне – 55, июле – 68, августе – 58, сентябре – 46 мм. В 2023 г. в мае выпало лишь 16 мм осадков, первые дожди прошли 28 и 30 июня, но они не промочили почву (см. таблицу). Влажность обработанной почвы увеличилась после июльских дождей, по залежи – к концу августа.

Изменение влажности почвы повлияло на ее твердость. На момент начала обработки залежи твердость почвы на глубине 15 см при влажности около 13% составляла 44 кг/см². В начале июля влажность снизилась до 10%, твердость почвы составила 49 кг/см², при снижении влажности до 8,55% твердость увеличилась до 62 кг/см². Подобное отмечено и на обработанной почве: при влажности 13–14% твердость находилась в пределах

Изменение влажности почвы в течение летнего периода, %
Changes in soil moisture during the summer period, %

Состояние участка	Дата взятия образца почвы	Глубина определения влажности почвы, см				
		5	10	20	30	40
Залежь	10.05.2023		20,77	19,84		
Залежь нетронутая		10,05	10,43	13,23	15,16	14,39
Залежь обработанная	29.05.2023	5,72	11,79	13,30	13,15	12,50
Залежь нетронутая		11,49	10,18	10,38	11,58	12,96
Залежь обработанная	07.06.2023	2,63	12,69	14,04	15,58	15,68
Залежь нетронутая		14,54	9,98	8,62	8,82	9,03
Залежь обработанная	05.07.2023	17,20	10,30	10,85	11,15	11,52
Залежь нетронутая		10,04	10,06	9,43	10,49	11,40
Залежь обработанная	08.08.2023	5,48	19,19	16,98	12,98	11,49
Залежь нетронутая		24,35	21,62	20,50	17,83	11,03
Залежь обработанная	24.08.2023	22,07	25,00	22,20	21,52	18,03
Залежь нетронутая		21,24	19,13	19,46	18,95	17,07
Залежь обработанная	14.09.2023	23,71	21,00	21,07	18,79	17,89

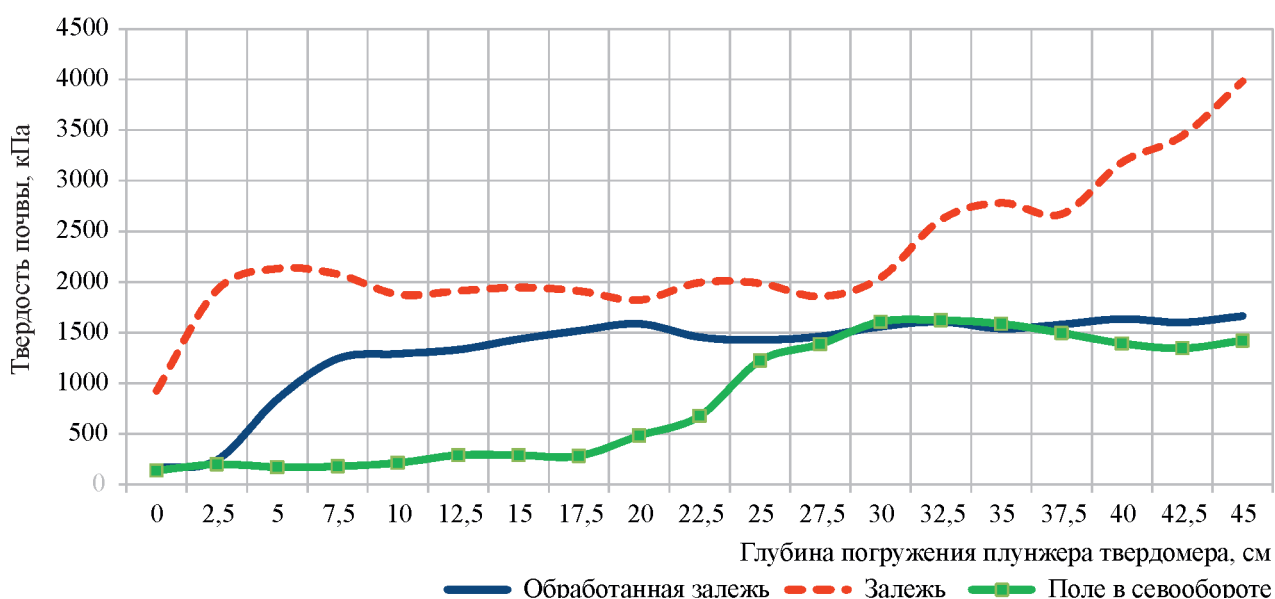


Рис. 8. Твердость восстановленной и залежной почвы на 14.09.2023

Fig. 8. Hardness of regenerated and fallow soil as of 14.09.2023

25 кг/см², при снижении влажности до 10,5% твердость увеличилась до 39 кг/см². В середине сентября влажность почвы на глубине 10–20 см повысилась до 19–21%, соответственно изменилась и твердость почвы. При обработке залежи на глубине 15 см твердость почвы снизилась до 14,4 кг/см², на необработанной – до 19,5 кг/см² (см. рис. 8).

Необходимо отметить, что восстановленная залежная серая лесная почва быстрее наполняется влагой и приобретает твердость на уровне почвы, находящейся в обороте, – 15 кг/см² (см. рис. 8). Необработанная залежь при одних и тех же условиях имеет влажность на 2% ниже, чем обработанная, и твердость до 19,5 кг/см². Кроме этого, на глубине свыше 30 см твердость почвы начинает повышаться и на глубине 45 см достигает 38,9 кг/см². Твердость дернового слоя при влажности 21% достигает 21,3 кг/см².

ВЫВОДЫ

1. Наиболее рациональным способом введения залежных серых лесных почв в сельскохозяйственный оборот является их обработка агрегатами АКП-2,5Н с рабочими органами, оснащенными отвалами. После трех обработок содержание частиц почвы менее 10 мм составляет до 93,1%.

2. Восстановленная залежная серая лесная почва быстрее впитывает влагу и приобретает твердость в пределах 15 кг/см², что соответствует твердости почвы находящегося в обороте поля.

3. Получены уравнения закономерности изменения фракционного состава почвы размером менее 10 мм и более 50 мм в зависимости от сроков и количества обработок полей, находящихся в залежи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев Д.В., Девяткина Т.Ф., Емельянов С.В., Тюкина Е.В., Бочкарев В.Д. Освоению залежных земель – системный подход // Аграрная наука. 2020. № 2. С. 48–50. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-335-2-48-50.
2. Шевченко В.А., Максименко В.П., Губин В.К., Матвеев А.В. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в ме-

лиорации // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 2. С. 23–26.

3. Кирейчева Л.В., Шевченко В.А., Юрченко И.Ф. Оценка экономической эффективности ввода в агропроизводство залежных земель нечерноземной зоны РФ // Московский экономический журнал. 2021. № 3. С. 245–258. DOI: 10.24412/2413-046X-2021-10151.
4. Шамонин В.И. Оценка показателей качества и энергоэффективности в технологиях первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (55). С. 192–197.
5. Джаббаров Н.И., Шамонин В.И. Сравнительная оценка технологий восстановления залежных земель в условиях повышенного увлажнения // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 3 (96). С. 73–85.
6. Джаббаров Н.И., Шамонин В.И., Сергеев А.В. Энергосберегающая технология восстановления залежных земель // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 4 (97). С. 149–159. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10101.
7. Соловьев С.В., Миллер Г.Ф., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А. Сукцессия на молодых и средневозрастных залежах лесостепной зоны Западной Сибири в пределах Новосибирской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 10. С. 116–120. DOI: 10.17513/mjprfi.12427.
8. Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А., Чумбаев А.С. К вопросу об изменении некоторых свойств почв под молодыми залежами на территории Новосибирской области // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6.
9. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Голубев В.В., Васильев А.С., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Передовые практики введения залежных земель в оборот: аналитический обзор: монография. М.: Росинформагротех, 2021. 80 с.
10. Яковлев Н.С., Назаров Н.Н., Рассомахин Г.К., Маркин В.В., Черных В.И. Повышение качества обработки почвы комбинированными агрегатами // Вестник Бурятской ГСХА им. В.Р. Филиппова. 2018. № 2. С. 110–116.

REFERENCES

1. Bochkarev D.V., Devyatkina T.F., Emel'yanov S.V., Tyukina E.V., Bochkarev V.D. The development of fallow lands requires a systematic approach. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2020, no. 2, pp. 48–50. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2020-335-2-48-50.
2. Shevchenko V.A., Maksimenko V.P., Gubin V.K., Matveev A.V. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in land reclamation. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo = Irrigation and Water Management*, 2018, no. 2, pp. 23–26. (In Russian).
3. Kireicheva L.V., Shevchenko V.A., Yurchenko I.F. Economic efficiency estimation on fallow lands return into agricultural cultivation in the non-chernozem zone of the Russian Federation. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal = Moscow economic journal*, 2021, no. 3, pp. 245–258. (In Russian). DOI: 10.24412/2413-046Kh-2021-10151.
4. Shamonin V.I. Assessment of quality and energy efficiency in the technology of primary restoration of fixed lands for conditions of organic farming. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2019, no. 2 (55). pp. 192–197. (In Russian).
5. Dzhaborov N.I., Shamonin V.I. Comparative assessment of long fallow land rehabilitation technology in very humid environment. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and Technical Means for Mechanized Production of Crop and Livestock Products*, 2018, no. 3 (96), pp. 73–85. (In Russian).
6. Dzhaborov N.I., Shamonin V.I., Sergeev A.V. Energy-saving technology for long fallow land rehabilitation. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and Technical Means for Mechanized Production of Crop and Livestock Products*, 2018, no. 4 (97), pp. 149–159. (In Russian). DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10101.
7. Solov'ev S.V., Miller G.F., Bezborodova A.N., Filimonova D.A. Succession on young and medium age fallows on the forest-steppe zone of Western Siberia in the Novosibirsk region. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International journal of applied and fundamental research*, 2018, no. 10, pp. 116–120. (In Russian). DOI: 10.17513/mjpf.12427.
8. Miller G.F., Solov'ev S.V., Bezborodova A.N., Filimonova D.A., Chumbaev A.S. Revisiting the changes of some properties of the soil developed under young fallow on the territory of the Novosibirsk region. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*, 2017, no. 6. (In Russian).
9. Golubev I.G., Mishurov N.P., Golubev V.V., Vasil'ev A.S., Apatenko A.S., Sevryugina N.S. *Best practices in introducing fallow lands into rotation: an analytical review*. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2021, 80 p. (In Russian).
10. Yakovlev N.S., Nazarov N.N., Rassomakhin G.K., Markin V.V., Chernykh V.I. Use of combined tillage machines to improve soil quality. *Vestnik Buryatskoi GSKhA im V.R. Filippova = Bulletin of the BSSA named after V.R. Filippov*, 2018, no. 2. pp. 110–116. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Яковлев Н.С.**, доктор технических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Рассомахин Г.К., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Иванников А.Б., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Чернышов А.П., старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nikolay S. Yakovlev**, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Gennady K. Rassomakhin, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

Alexei B. Ivannikov, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

Alexander P. Chernyshev, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.02.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.04.2024
Дата публикации / Published 21.08.2024