

8. Vadiunina A. F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochvy / A. F. Vadiunina, Z. A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

9. Bolotov A. G. Avtomatizirovannaia sistema dlia issledovaniia teplofizicheskikh kharakteristik pochv / A. G. Bolotov, S. V. Makarychev, A. A. Levin // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2002. – No. 3 (7). – S. 20-22.

10. Shein E. V. Modelirovanie teplovogo rezhima pochvy po amplitude temperatury prizemnogo vozdukh / E. V. Shein, A. G. Bolotov, M. A. Mazirov, A. I. Martynov // Zemledelie. – 2017. – No. 7. – S. 24-28.

11. Shein E. V. Opredelenie profilnogo raspredeleniia temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti / E. V. Shein, A. G. Bolotov, M. A. Mazirov, A. I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.

12. Shein E.V. Kurs fiziki pochv. – Moskva: Izd-vo MGU, 2005. – 432 s.

13. Voronin A.D. Osnovy fiziki pochv. – Moskva: Izd-vo MGU, 1986. – 244 s.

14. Makarychev S.V. Termicheskii rezhim vyshchelochennogo chernozema Altaiskogo Priobia v zavisimosti ot kharaktera agrotsenoza // Vodno-pishchevoi rezhim pochv i ego regulirovanie pri vzdelyvanii selskokhoziaistvennykh kultur v Altaiskom krae. – Barnaul: ASKhl, 1981. – S. 24-32.



УДК 630.181

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-46-52

Ю.В. Беховых, Л.А. Беховых

Yu.V. Bekhovykh, L.A. Bekhovykh

ВЛИЯНИЕ УВЛАЖНЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЧЕРНОЗЁМА ПРИ УПЛОТНЕНИИ

MOISTURE EFFECT ON THE CHANGE OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM SURFACE LAYER AT COMPACTION

Ключевые слова: уплотнение почвы, плотность почвы, влажность почвы, почвенное поровое пространство, пористость почвы, влагоёмкость почвы.

Целью исследований было определение изменения важных агрофизических свойств поверхностного слоя почвы различной увлажнённости при уплотнении. В задачи исследования входило выявление зависимости изменения плотности сложения, общей пористости и полной влагоёмкости поверхностного слоя почвы различной увлажнённости при уплотнении, общей пористости и полной влагоёмкости почвы от её плотности сложения, определение оптимальных значений влажности почвы при проведении сельскохозяйственных работ для её минимального уплотнения техникой. Из результатов работы следует, что полная влагоёмкость и общая порозность являются функцией плотности и увлажнения почвы. Влажность почвы – наиболее существенный фактор, определяющий изменение плотности, общей порозности и полной влагоёмкости почвы при уплотнении. Оптимальные значения влажности почвы при проведении сельскохозяйственных работ для её минимального уплотнения техникой составляют 14-18% от массы сухой почвы.

Keywords: soil compaction, soil density, soil moisture, soil pore space, soil porosity, soil moisture capacity.

The research goal was to study the changes in important agrophysical properties of the surface layer of soil of different moisture content during compaction. The objectives of the study were to identify the dependence of changes in density, total porosity and total moisture capacity of the surface layer of the soil of different moisture content at compaction, to identify the dependence of the total porosity and total moisture capacity of the soil on its density, to determine the optimal values of soil moisture during agricultural operations for its minimal compaction by equipment. According to the research findings, it is revealed that the total moisture capacity and total porosity are the functions of soil density and moisture content. Soil moisture is the most significant factor determining the change in the density, total porosity and total moisture capacity of the soil at compaction. The optimal values of the moisture content during agricultural operations for its minimal compaction by machinery are 14-18% of dry soil weight.

Беховых Юрий Владимирович, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Phys_asau@rambler.ru.

Беховых Лариса Александровна, к.ф.-м.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: dekan.fpo208@yandex.ru.

Bekhovych Yuriy Vladimirovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Phys_asau@rambler.ru.

Bekhovych Larisa Aleksandrovna, Cand. Phys.-Math. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: dekan.fpo208@yandex.ru.

Введение

Переуплотнение почвенного покрова относится к одному из факторов, негативно влияющих на её плодородие и урожайность произрастающих на ней сельскохозяйственных культур [1].

Оптимальные значения плотности находятся в пределах 1,1-1,3 г/см³ для большинства типов почв России [2-4]. На почвах с оптимальной плотностью растениями более продуктивно расходуется влага, осуществляется аэрация корнеобитаемого слоя, повышается урожайность возделываемых культур [4, 5]. Однако в условиях современного ведения аграрного производства прослеживается тенденция к утяжелению сельскохозяйственной техники, которая усиливает уплотняющее воздействие на почву своими ходовыми системами и ходовыми системами используемых при обработке почвы прицепных агрегатов [6-9]. Уплотнение приводит к уменьшению порового пространства почвы [10], ухудшению водно-физических показателей [11], что в результате приводит к уменьшению урожая [12]. Процессы разуплотнения почвы происходят медленно и зачастую требуют специальных энергозатратных мероприятий [13], повышающих, в конечном счёте, расходы на возделывание сельскохозяйственных культур. В связи с этим растениеводство рационально осуществлять с учётом изучения изменений водных, воздушных и других свойств почвы при её уплотнении, что, несомненно, будет способствовать повышению плодородия почвы и увеличению урожая.

Цель работы – исследование особенностей изменения некоторых агрофизических свойств почвы различной увлажнённости при уплотнении.

Задачи:

- выявить зависимость изменения плотности сложения, общей пористости и полной влагоёмкости (ПВ) поверхностного слоя почвы различной увлажнённости при уплотнении;

- выявить зависимость общей пористости и полной влагоёмкости почвы от её плотности сложения;

- определить оптимальные значения влажности почвы при проведении сельскохозяйственных работ для её минимального уплотнения техникой.

Объект и методы

Объектом изучения являлся чернозём выщелоченный среднесуглинистый.

Экспериментальные участки были заложены на паровом поле в северо-восточной части Приобского плато. Давление на почву осуществлялось воздействием фиксированной весовой нагрузки на уплотнители определённой площади опоры. Площадь опоры и весовая нагрузка были выбраны таким образом, чтобы поверхностный слой почвы испытывал давление 100 кПа, которое наиболее близко соответствует воздействию единичного колеса современных тракторов [14], применяемых в сельскохозяйственном производстве.

Контрольным участком служил неуплотнённый участок чёрного пара. Различная влажность почвы на опытных участках создавалась при помощи искусственного увлажнения дождеванием.

Определение плотности сложения почвы осуществлялось методом режущего кольца Качинского [15]. Пористость и полная влагоёмкость определялась расчётным методом по результатам прямых измерений влажности, плотности сложения и плотности твёрдой фазы почвы [15].

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Исследованный чернозём относится к суглинистой разновидности выщелоченных чернозёмных почв с преобладанием среднего суглинка в почвенных горизонтах. Профиль чернозёма классический с гумусовым горизонтом А, переходным АВ, иллювиальным горизонтом В, переходным ВС и карбонатным горизонтом материнской породы Ск. Пахотный среднесуглинистый гумусовый горизонт А, в котором производились измерения, чёрно-бурый по цвету, с комковатопылеватой структурой агрегатов имел мощность 29 см (табл. 1).

Гранулометрический состав пахотного слоя чернозёма на участке исследований

Почвенный горизонт	Глубина, см	Содержание фракций (в %-ном содержании абсолютно сухой почвы)							Наименование гранулометрического состава почвы
		1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	<0,001 мм	Σ фракций <0,01 мм	
A	0-29	7,36	34,68	24,44	6,40	5,24	21,88	33,52	Средний суглинок

Содержание гумуса в поверхностном слое 0-5 см исследованного чернозёма не превышало 4%. По значению pH=6,7 почва являлась нейтральной или была близка к таковой.

Исследования изменения агрофизических параметров: плотности сложения, порозности и полной влагоёмкости чернозёма выщелоченного при уплотнении (рис. 1-3) показали, что степень увлажнения почвы является главным фактором, определяющим степень уплотнения, а также степень изменения параметров порового пространства и потенциального влагосодержания. Графики показывают, что даже однократное воздействие уплотнителя на поверхностный слой исследованного чернозёма, увлажненного до значений, близких к 30% от массы сухой почвы, приводило к увеличению значений плотности сложения почвы на треть от первоначального значения. При этом происходило изменение параметров порового пространства, при которых

полная влагоёмкость и общая порозность снижались почти наполовину. При уменьшении увлажнения почвы до 14% плотность поверхностного слоя почвы при однократном воздействии давлением 100 кПа увеличивалась только на четвертую часть (рис. 1) от первоначального значения. Порозность и полная влагоёмкость уменьшались менее интенсивно при уменьшении влажности почвы (рис. 2, 3). Естественно, что значительные изменения исследованных агрофизических параметров происходили в том числе и из-за довольно разрыхленного состояния почвы до уплотнения. Однако эксперимент однозначно показал, что уплотнение более увлажнённой почвы будет происходить интенсивнее, а построенные графики (рис. 1-3) позволяют определить относительные изменения исследованных параметров и при других исходных значениях плотности почвы.

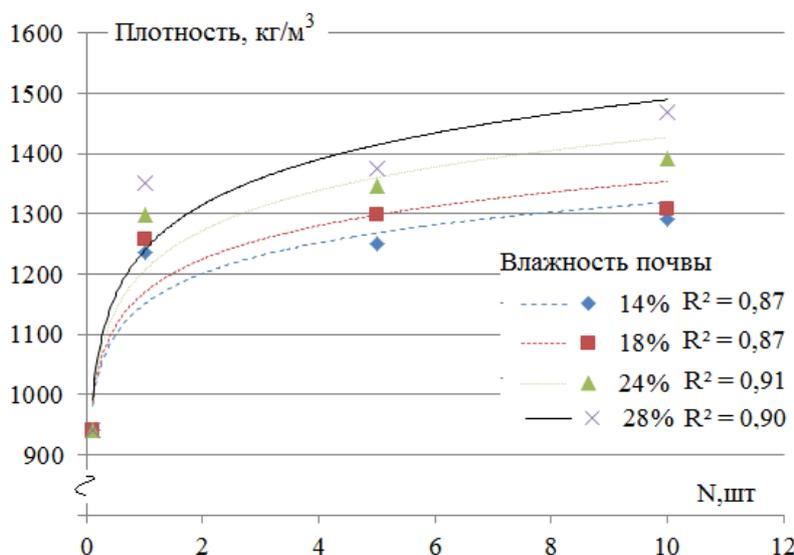


Рис. 1. Влияние увлажнения на плотность сложения поверхностного слоя чернозёма при уплотнении (N – количество уплотнений почвы давлением 100 кПа)

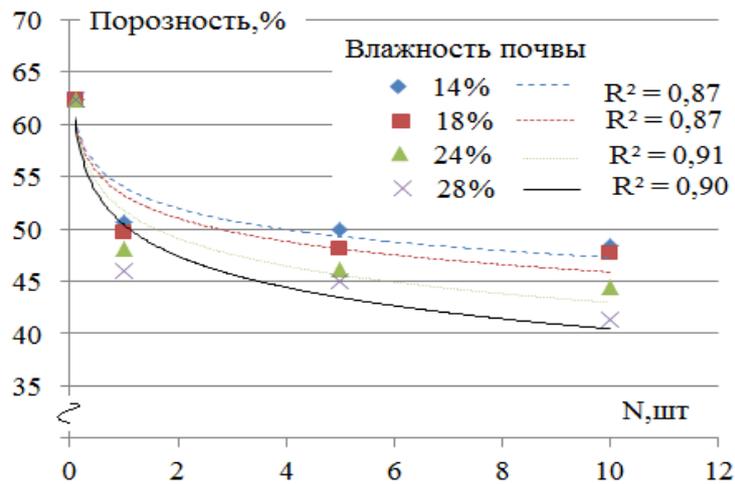


Рис. 2. Влияние увлажнения на порозность в поверхностном слое чернозёма при уплотнении (N – количество уплотнений почвы давлением 100 кПа)

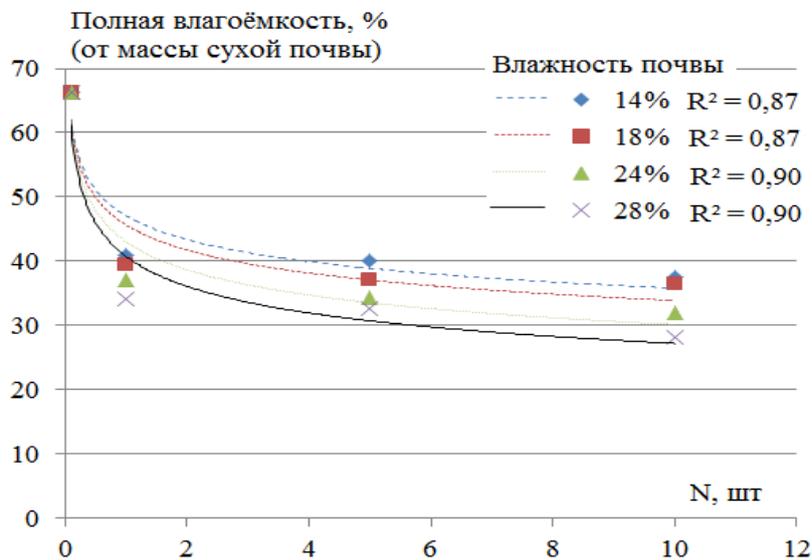


Рис. 3. Влияние увлажнения на полную влагоёмкость в поверхностном слое чернозёма при уплотнении (N – количество уплотнений почвы давлением 100 кПа)

Из внешнего вида графиков зависимости плотности от величины внешнего давления (рис. 1) следует, что плотность сложения чернозёма выщелоченного при возрастании внешнего давления стремится к предельному значению [16], которое теоретически должно быть равно плотности твёрдой фазы почвы, но практически определяется некой равновесной плотностью, разной для почв разного типа и разного гранулометрического состава. В то же время общая порозность и полная влагоёмкость с увеличением внешнего воздействия на почву асимптотически уменьшаются [10] (рис. 2, 3). Влагосодержание почвы существенно определяет величину этого уменьшения.

Результаты приведённых исследований показывают, что степень начальной разрыхленности или уплотнённости почвы определяет изменение количественных значений её плотности при воздействии внешней нагрузки (рис. 1). Чем более высокую начальную плотность имеет почва, тем меньше её относительное приращение при воздействии уплотняющего внешнего давления. Так как порозность и полная влагоёмкость фактически определяются плотностью сложения, то их изменения во время уплотнения также зависят от исходных значений (рис. 2, 3). Указанные закономерности являются следствием состояния и строения почвенных агрегатов, их качественных особенностей, определяющих

реологические характеристики и прочность почвы, а также следствием структуры порового почвенного пространства.

С повышением влагосодержания в почве происходит снижение прочности отдельных почвенных агрегатов [17] из-за уменьшения их структурной связанности. Это уменьшает их способность противодействовать внешнему воздействию при уплотнении, что в свою очередь приводит к более интенсивному росту плотности и уменьшению полной влагоёмкости и пористости при воздействии внешнего давления. Уменьшение показателей полной влагоём-

кости и порозности при уплотнении имеет конечный предельный характер. Предел уменьшения данных показателей должен определяться долями тупиковых пор в общем поровом пространстве и пор, заполненных водой.

Результаты проведённых исследований показали, что зависимости порозности и полной влагоёмкости от плотности сложения почвы имеют одинаковый вид. Для примера представлен график изменения полной влагоёмкости исследованного чернозёма при разных значениях плотности сложения почвы (рис. 4).

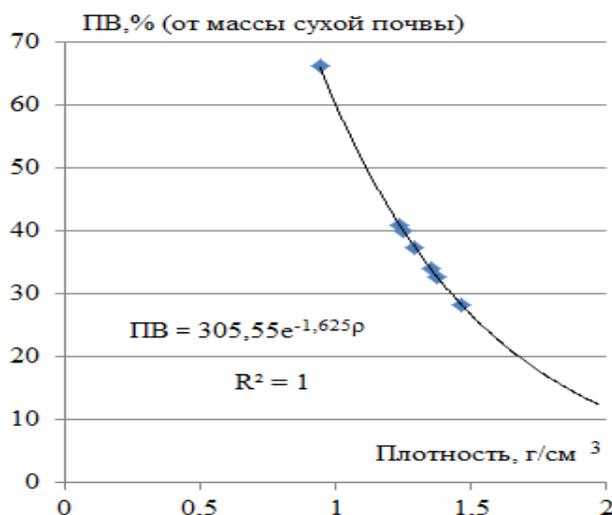


Рис. 4. Зависимость полной влагоёмкости (ПВ) поверхностного слоя исследованного чернозёма от плотности сложения почвы

Аппроксимационная кривая зависимости хорошо описывается экспонентой. Численные коэффициенты, входящие в функцию изменения полной влагоёмкости от плотности, отражают особенности гранулометрического состава исследованной почвы и, возможно, содержание органического вещества в почве и требуют дополнительного более детального изучения.

Выводы

1. Полная влагоёмкость и общая порозность являются функцией плотности и увлажнения почвы.
2. Влажность почвы является наиболее существенным фактором, определяющим изменение плотности, общей порозности и полной влагоёмкости почвы при уплотнении.
3. Оптимальные значения влажности поверхностного слоя чернозёма выщелоченного суглинистого гранулометрического состава при проведении сельскохозяйственных работ для

предотвращения переуплотнения техникой составляют 14-18% от массы сухой почвы.

Библиографический список

1. Бондарев, А. Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения / А. Г. Бондарев. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 31-37.
2. Сдобников, С.С. В расчёте на засушливый год / С.С. Сдобников. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2000. – № 2. – С. 10-11.
3. Чуданов, И. А. Минимализация обработки чернозёмов / И. А. Чуданов, Л. Ф. Лигастаева. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2000. – № 4. – С. 15-16.
4. Долгов, С. И. О критериях оптимального сложения пахотного слоя почвы / С. И. Долгов, И. В. Кузнецова, С. А. Модина. – Текст: непосредственный // Проблемы обработки почвы: доклады Международного совещания

(13-15 июня 1968 г., Варна). – София, 1970. – С. 131-142.

5. Ашабоков, Х. Х. Влияние уплотнения почвы на ее агрофизические свойства и урожай сельскохозяйственных культур / Х. Х. Ашабоков, Л. М. Хажметов, Ю. А. Шехихачев. – Текст: непосредственный // Актуальные вопросы современных научных исследований: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. – 2017. – С. 81-84.

6. Уплотнение почв сельскохозяйственной техникой / Н. Н. Погодин, В. В. Кучко, Ф. А. Барсукевич, С. В. Шатило. – Текст: непосредственный // Мелиорация. – 2008. – № 1 (59). – С. 70-74.

7. Окунев, Г. А. Последствия влияния на почву тракторов среднего класса при оценке эффективности их использования / Г. А. Окунев, Н. А. Кузнецов. – Текст: непосредственный // АПК России. – 2016. – Т. 75, № 1. – С. 89-95.

8. Годжаев, З. А. Перспективы развития ходовых систем современных мобильных энергосредств сельскохозяйственного назначения / З. А. Годжаев, А. М. Погожина. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 5. – С. 76-84.

9. Окунев, Г. А. Воздействие машинных агрегатов на почву и тенденции формирования машинно-тракторного парка / Г. А. Окунев, Н. А. Кузнецов, А. А. Бражников. – Текст: непосредственный // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2014. – Т. 69. – С. 51-54.

10. Беховых, Ю. В. Влияние внешнего давления на порозность чернозёма выщелоченного Приобского плато / Ю. В. Беховых. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 8 (178). – С. 67-72.

11. Кац, В. Х. Об отрицательном эффекте уплотнения почвы тракторами и сельскохозяйственными машинами / В. Х. Кац, С. В. Кузнецов. – Текст: непосредственный // Сборник научных трудов ВИМ. – Москва, 1974. – Т. 66. – С. 51-61.

12. Дьяков, В. П. Уплотнение почвы ходовыми системами технологических комплексов и урожай / В. П. Дьяков. – Текст: непосредственный // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа оптимизации агроландшафтов: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием. – 2016. – С. 118-120.

13. Бондарев, А. Г. Переуплотнение почв сельскохозяйственной техникой: прогноз явления и процессы разуплотнения почвы / А. Г. Бондарев, И. В. Кузнецова, П. М. Сапожников. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1990. – № 4. – С. 58-64.

14. Гайнуллин, И. А. Влияние конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов тракторов на почву / И. А. Гайнуллин, А. Р. Зайнуллин. – Текст: непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 2. – С. 31-36.

15. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Текст: непосредственный. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный

16. Беховых, Ю. В. Влияние внешнего давления на плотность чернозёма выщелоченного Приобского плато / Ю. В. Беховых. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 7 (177). – С. 62-67.

17. Медведев, В. В. Физическая деградация почв, её диагностика, ареалы распространения и способы предотвращения / В. В. Медведев, А. Словиньска-Юркевич, М. Брик. – Текст: непосредственный // Грунтознание. – 2012. – № 13 (1-2). – С. 5-22.

References

1. Bondarev A. G. Problema uplotneniia pochv selskokhoziaistvennoi tekhniki i puti ee resheniia / A. G. Bondarev. – Текст: neposredstvennyi // Pochvovedenie. – 1990. – No. 5. – S. 31-37

2. Sdobnikov S.S. V raschete na zasushlivyi god / S.S. Sdobnikov. – Текст: neposredstvennyi // Zemledelie. – 2000. – No. 2. – S. 10-11.

3. Chudanov I.A. Minimalizatsiia obrabotki chernozemov / I.A. Chudanov, L.F. Ligastaeva. – Текст: neposredstvennyi // Zemledelie. – 2000. – No. 4. – S. 15-16.

4. Dolgov S.I. O kriteriakh optimalnogo slozheniia pakhotnogo sloia pochvy / S.I. Dolgov, I.V. Kuznetsova, S.A. Modina. – Текст: neposredstvennyi // Problemy obrabotki pochvy. Dokl. mezhdunar. soveshchaniia 13-15 iunია 1968, Var-na. – Sofiia, 1970. – S. 131-142.

5. Ashabokov Kh.Kh. Vliianie uplotneniia pochvy na ee agrofizicheskie svoistva i urozhai selskokhoziaistvennykh kultur / Kh.Kh. Ashabokov, L.M. Khazhmetov, Iu.A. Shekikhachev. – Текст: neposredstvennyi // Aktualnye voprosy sovremen-

nykh nauchnykh issledovaniy: materialy Mezhdunarodnoi (zaочноi) nauchno-prakticheskoi konferentsii. – 2017. – S. 81-84.

6. Pogodin N.N. Uplotnenie pochv sel'skokhoziaistvennoi tekhniki / N.N. Pogodin, V.V. Kuchko, F.A. Barsukevich, S.V. Shatilo. – Tekst: neposredstvennyi // Melioratsiia. – 2008. – No. 1 (59). – S. 70-74.

7. Okunev G.A. Posledstviia vliianiia na pochvu traktorov srednego klassa pri otsenke effektivnosti ikh ispolzovaniia / G.A. Okunev, N.A. Kuznetsov. – Tekst: neposredstvennyi // APK Rossii. – 2016. – T. 75. – No. 1. – S. 89-95.

8. Godzhaev Z.A. Perspektivy razvitiia khodovykh sistem sovremennykh mobilnykh energosredstv sel'skokhoziaistvennogo naznacheniiia / Z.A. Godzhaev, A.M. Pogozhina. – Tekst: neposredstvennyi // Traktory i sel'khoz mashiny. – 2018. – No. 5. – S. 76-84.

9. Okunev G.A. Vozdeistvie mashinnykh agregatov na pochvu i tendentsii formirovaniia mashinno-traktornogo parka / G.A. Okunev, N.A. Kuznetsov, A.A. Brazhnikov. – Tekst: neposredstvennyi // Vestnik Cheliabinskoi gosudarstvennoi agroinzhenernoi akademii. – 2014. – T. 69. – S. 51-54.

10. Bekhovykh Iu.V. Vliianie vneshnego davleniia na poroznost chernozema vyshchelochennogo Priobskogo plato / Iu.V. Bekhovykh. – Tekst: neposredstvennyi // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 8 (178). – S. 67-72.

11. Kats V.Kh. Ob otritsatel'nom effekte uplotneniia pochvy traktorami i sel'skokhoziaistvennymi mashinami / V.Kh. Kats, S.V. Kuznetsov. – Tekst: neposredstvennyi // Sb. nauch. tr. VIM. – Moskva, 1974. – T. 66. – S. 51-61.

12. Diakov V.P. Uplotnenie pochvy khodovymi sistemami tekhnologicheskikh kompleksov i urozhai / V.P. Diakov. – Tekst: neposredstvennyi // Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliia – osnova optimizatsii agrolandshaftov: sbornik dokladov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – 2016. – S. 118-120.

13. Bondarev, A. G. Pereuplotnenie pochv sel'skokhoziaistvennoi tekhniki: prognoz iavleniia i protsessy razuplotneniia pochvy / A. G. Bondarev, I. V. Kuznetsova, P. M. Sapozhnikov. – Tekst: neposredstvennyi // Pochvovedenie. – 1990. – No. 4. – S. 58-64.

14. Gainullin I.A. Vliianie konstruktivnykh parametrov dvizhitelei i nagruzochnykh rezhimov traktorov na pochvu / I.A. Gainullin, A.R. Zainullin. – Tekst: neposredstvennyi // Fundamentalnye issledovaniia. – 2017. – No. 2. – S. 31-36.

15. Vadiunina A.F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochv / A.F. Vadiunina, Z.A. Korchagina. – Tekst: neposredstvennyi. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

16. Bekhovykh Iu.V. Vliianie vneshnego davleniia na plotnost chernozema vyshchelochennogo Priobskogo plato / Iu.V. Bekhovykh. – Tekst: neposredstvennyi // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 7 (177). – S. 62-67.

17. Medvedev V.V. Fizicheskaia degradatsiia pochv, ee diagnostika, arealy rasprostraneniia i sposoby predotvrashcheniia / V.V. Medvedev, A. Sloviska-Iurkevich, M. Brik. – Tekst: neposredstvennyi // Gruntoznavstvo. – 2012. – 13 (1-2). – S. 5-22.

