

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРОЕНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

С. В. Непримерова

ФБГНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14
E-mail: neprimerova@list.ru

Поступила в редакцию 27 апреля 2020 г., принята к печати 28 мая 2020 г.

В статье рассматривается влияние периодического внесения органических удобрений на микростроение дерново-подзолистой супесчаной почвы разной степени окультуренности, используемой в шестилетнем овощном севообороте. Изучены образцы, отобранные в начале опыта, а также после завершения первой и второй ротации севооборота. Образцы почвы с ненарушенным строением отбирались из разрезов и высушивались естественным путем, после чего из них изготавливались прозрачные шлифы. В результате микроморфологического анализа почвы выяснилось, что даже однократное внесение органических удобрений привело к значительному улучшению микроструктуры почвы, однако через шесть лет, в течение которых дополнительных внесений органики не осуществлялось, положительное влияние удобрений значительно уменьшилось. Внесение удобрений раз в три года оказалось достаточным для поддержания оптимальной микроструктуры и сохранения основных минералов почвы. Установлено, что оптимальная доза органических удобрений составляет 80 т га^{-1} . Внесение удобрений в больших количествах приводит к тому, что они плохо перерабатываются биотой, а гумусовые вещества мигрируют вниз по профилю и выносятся за пределы участка. С другой стороны, применение удобрений в меньших количествах не позволяет сохранить достигнутый ранее эффект.

Ключевые слова: микроморфология, дерново-подзолистые почвы, органические удобрения.

CHANGE IN THE MICROSTRUCTURE OF SOD-PODZOLIC SOIL UNDER INFLUENCE OF PERIODIC APPLICATION OF MANURES

S. V. Neprimerova

Agrophysical Research Institute
14, Grazhdansky pr., St. Petersburg, 195220
E-mail: neprimerova@list.ru

The paper discusses the effect of periodic incorporation of manures on the microstructure of sod-podzolic sandy loam soil of varying degrees of fertility, used in a six-year vegetable crop rotation. The samples for investigation were collected at the beginning of the experiment, after the completion of the first circle of the crop rotation and after the completion of the second circle of the crop rotation. Soil samples with undisturbed structure were collected from soil pits. They were naturally dried and then used to make transparent thin sections. In the course of micromorphological analysis of the soil, it was found that even a single application of manure led to a significant improvement in the microstructure. However, after six years without any manure, the positive effect of the first application has decreased greatly. Application of manure once every three years was sufficient to maintain an optimal microstructure and preserve the basic mineral components of the soil. The optimal rate of manure was 80 t ha^{-1} . Higher rates are poorly processed by microorganisms, humic substances migrate down the soil profile and are being washed out of the soil. Smaller rates do not allow to preserve the effect achieved earlier.

Key words: micromorphology, sod-podzolic soils, manures.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение морфологии и микроморфологии почв позволяет выявить даже незначительные изменения в их строении, которые невозможно обнаружить при помощи традиционных методов изучения почв (Русанова, 1998). Благодаря этому появляется возможность ещё на ранней стадии изменений провести определенные агрономические процедуры, предотвращающие деградацию почв (Гагарина, 2004; Методы..., 1971).

Основными микроморфологическими показателями процесса окультуривания (Добровольский, 1988; Герасимова и др., 1992; Грачева и др., 1996) являются формы гумуса и их распределение, преобладание активных микроформ, степень разложенности органических остатков, наличие продуктов жизнедеятельности

микроорганизмов, биогенная переработанность массы, степень агрегации и структура порового пространства, однородность сложения.

Диагностическими признаками деградации почвы (Турсина, 1988; Грачева и др., 1996) являются дегумификация и абиогенность, уплотнение, потеря агрегативной устойчивости, снижение порозности, а также увеличение количества пассивных микроформ гумуса (обуглившихся растительных остатков).

В нашей стране микроморфологический метод достаточно широко применяется при исследовании почв (Зверева и др., 1997), однако чаще всего он используется для изучения проблем генезиса современных и палеопочв (Бронникова, 2011; Герасимова и др., 2011) и создания новых методов обработки изображений почвенных шлифов (Скворцова, 1999). Диагностике антропогенных

изменений почв по их микростроению в настоящее время уделяется мало внимания (Гурсина, Морозова, 2011).

Положительное воздействие органических удобрений на почву известно давно, поэтому попытка повысить с их помощью степень окультуренности дерново-подзолистой почвы вполне объяснима. Однако для этого необходимо определить достаточную дозу и частоту внесения удобрений.

Цель работы заключалась в определении оптимальной дозы и частоты внесения органических удобрений для сохранения агрономически ценной микроструктуры почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись окультуренные дерново-подзолистые почвы агрофизического стационара Меньковской опытной станции, расположенной в Ленинградской области. Почвы сформированы на двучленных отложениях – опесчаненной морене, подстилаемой моренным суглинком.

В 2003–2005 гг. осуществлялась подготовка почвы для опыта, заключающаяся в создании путём неравномерного внесения органических удобрений и известкования разных уровней окультуренности: среднего (органические удобрения не вносились), хорошего (внесение удобрений в дозе 80 т га⁻¹ в 2003 и 2004 гг.) и высокого (внесение удобрений в дозах 160, 320 и 40 т га⁻¹ в 2003, 2004 и 2005 гг. соответственно).

В 2006 г. проведена посадка первых культур.

В ходе опыта органические удобрения вносились в 2012 и 2016 гг. в хорошоокультуренную (40 и 35 т га⁻¹ соответственно) и высокоокультуренную (80 и 70 т га⁻¹) почву. В качестве органических удобрений использовались: в 2016 г. – птичий помет, в остальные годы – бесподстилочный навоз КРС. Ежегодно в почву всех делянок вносились минеральные удобрения (средняя доза N120 P80 K140).

На почвах был организован овощной севооборот (шестилетняя ротация).

Подробная схема опыта представлена в статьях (Иванов и др., 2016; Иванов и др., 2017; Оленченко, 2015). Трансформация агрохимических свойств изучаемой почвы под действием окультуривания подробно описана в работе (Витковская и др., 2014).

В настоящей работе сравниваются результаты исследования, полученные в начале опыта, а также после завершения первой и второй ротации севооборота. Из заложенных на делянках разрезов отбирались образцы почвы с ненарушенным строением. Затем образцы высушивались естественным путем, после чего из них изготавливались прозрачные шлифы, которые были изучены при помощи поляризационного микроскопа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среднеокультуренная почва на момент начала опыта в 2006 г. имела следующие особенности микростроения. В пахотном горизонте общая

агрегированность материала была слабой, однако в верхней части горизонта в значительном количестве наблюдались внутриагрегатные поры, трещины и поры упаковки, а с глубиной плотность сложения увеличивалась из-за заполнения пор глинисто-железистой плазмой. Степень разложенности растительных остатков уменьшалась в нижней части пахотного горизонта. Присутствовали плодовые тела и гифы микроскопических грибов. Скелет был представлен кусочками породы, а также минеральными зёрнами кварца и полевых шпатов, редко попадались чешуйки слюды (мусковита и биотита). В некоторых шлифах разреза (не во всех) встречались единичные зёрна амфиболов, пироксенов и хлоритов. Поверхность большинства минералов была покрыта кавернами и трещинками, полевые шпаты были пелитизированы, в шлифах часто непрозрачны, у слюд встречались расщепления пластинок в виде веера. В верхних горизонтах плазменный материал был гумусовым, с глубиной становился глинисто-железистым. По натечным формам плазменного материала можно было проследить перемещение глинистых и пылеватых частиц из пахотного горизонта вглубь профиля. Конкреции встречались в незначительных количествах, были мелкими, в пахотном горизонте гумусово-железистыми, их распространение было тесно связано с растительными остатками. В нижней части профиля конкреции были ещё более мелкими и темными, в их составе присутствовал марганец.

После первой ротации севооборота (осень 2011 г.) агрегированность пахотного горизонта была слабой, а агрегаты нечеткими. Степень разложенности растительных остатков была высокой, они присутствовали совместно с гумусовыми конкрециями. В иллювиальном горизонте конкреции были железо-марганцевыми. Микромицеты в разрезе не встречались. Гумус был мягким, распределялся пятнами. Минеральный состав не изменился, только в верхних горизонтах (до 40 см) отсутствовал неустойчивый к выветриванию минерал биотит, в нижних горизонтах он встречался. Гумусовая плазма в незначительном количестве присутствовала в пахотном горизонте, ниже в разрезе обнаружено два вида плазмы – глинистая (серого цвета) и железисто-глинистая (ярких буровато-оранжевых оттенков).

Весной 2018 г. после второй ротации севооборота также наблюдалась низкая агрегированность пахотного горизонта (рис. 1). Гумус был мягким, распределялся неравномерно, его количество уменьшилось. Степень разложенности растительных остатков была высокой. Конкреции встречались в меньших количествах, были более крупными и темными. Слюдистых минералов стало значительно меньше. В пахотном горизонте гумусовая плазма присутствовала в незначительном количестве, в иллювиальном горизонте встречалась глинистая и железисто-глинистая, натечная плазма.

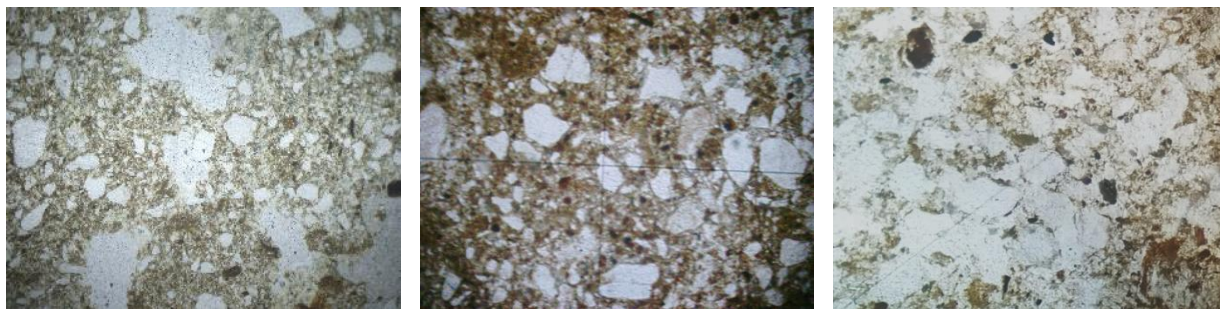


Рис. 1. Среднеокультуренная почва пахотный горизонт 2006, 2011 и 2018 гг. соответственно (слева направо)

Хорошоокультуренная почва. Начало опыта, весна 2006 г. Более высокого уровня окультуренности удалось достичь благодаря внесению органических удобрений (навоза), что благоприятно отразилось на микростроении почвы. Для пахотного горизонта были характерны округлые агрегаты губчатого строения, большое количество мягкого гумуса, распределенного равномерно, а также высокая степень разложенности растительных остатков. Встречалось множество копролитов дождевых червей, также присутствовали гифы и плодовые тела микроскопических грибов. Отмечено множество гумусовых конкреций, которые характеризовались более крупными размерами по сравнению со среднеокультуренной почвой. Некоторые конкреции имели зональное строение. Гумусовый горизонт глубже проникал по профилю. Скелет был представлен теми же минералами, что и в среднеокультуренной почве, только все минералы были покрыты гумусовыми пленками (ранее была установлена зависимость между кварцем и органическим веществом почвы (Бойцова и др., 2017)). Данный разрез оказался более водо- и воздухопроницаемым, так как отличался от остальных отсутствием суглинистого материала в иллювиальном горизонте, что является особенностью морены, на которой формировалась почва. Поэтому сравнивать данную делянку с остальными не совсем корректно.

Однократное внесение больших доз навоза оказывает благоприятное влияние на почву, но не вызывает долговременного эффекта (Непримерова, 2013). В конце первой ротации севооборота (осень 2011 г.) микростроение пахотного горизонта

ухудшилось. Агрегаты стали крупными, рыхлыми, а границы нечеткими, размытыми. Неагрегированные горизонты появились уже на глубине 45 см (в 2006 г. – на глубине 87 см). Размер конкреций в пахотном горизонте стал меньше, хотя их количество не изменилось. Степень разложенности растительных остатков по-прежнему была высокой, а гумус мягким, распределенным равномерно. Встречались грибы. Биотит обнаружен в пахотном горизонте, также присутствовали остальные минералы. Внесение навоза помогает сохранить минеральную часть почвы, что подтверждено более ранними исследованиями (Непримерова, 2008, 2015). Характерная особенность заключалась в сохранении пленок на минеральных зернах. В средней и нижней части разреза отмечено незначительное количество плазменного материала и множество пор между зёрнами скелета.

После второй ротации (весна 2018 г.) микростроение почвы не улучшилось (рис. 2), однако оно было намного лучше, чем у шлифов из среднеокультуренной почвы. Несмотря на хорошую агрегированность, агрегаты отличались простым строением, рыхлостью и нечеткими границами. Отмечено множество конкреций среднего размера. Гумус отличался мягкостью. Степень разложенности растительных остатков была высокой, чему способствовали присутствующие микромицеты. Минералы активнее преобразовывались, что особенно заметно на примере калиевых полевых шпатов (темные непрозрачные пятна увеличились, по трещинам спайности появились органические пленки, причем не только на поверхности, как раньше).

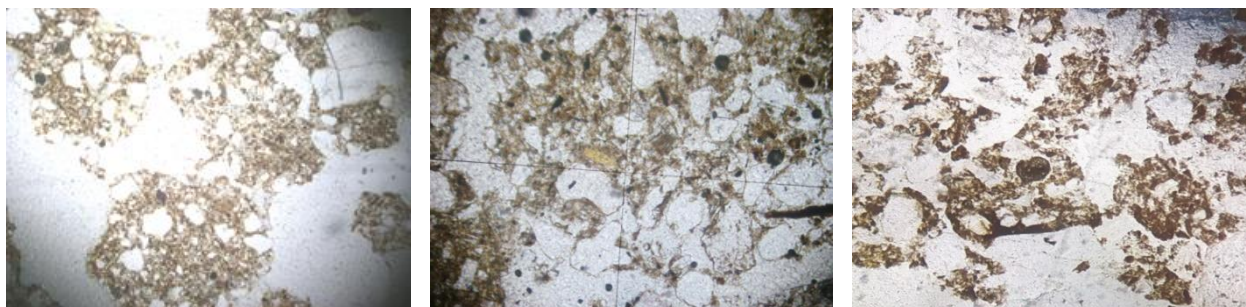


Рис. 2. Хорошоокультуренная почва пахотный горизонт 2006, 2011, 2018 гг. соответственно (слева направо)

Отличительными особенностями микростроения высокоокультуренной почвы перед началом опыта являлись грубый гумус и плохо разложившиеся растительные остатки, среди которых было множество обугленных. Слишком большие дозы навоза не успели переработаться биотой за короткий период наблюдений. Агрегированность была высокой, причем она распространилась до глубины 55 см. Отмечены сложные агрегаты высоких порядков. Присутствовало множество копролитов дождевых червей. В шлифах достаточно часто встречались микроскопические грибы. Значительное количество мобильного гумуса привело к образованию нового гумусового горизонта. При этом элювиальные горизонты не исчезли, а сместились на большую глубину. Разрез характеризовался большим количеством гумусовых конкреций различного размера, цвета и габитуса, присутствующих не только в пахотном горизонте, но и до глубины 55 см. В более глубоких горизонтах встречались железо-марганцевые конкреции. В верхней части профиля присутствовала гумусовая плазма, ниже – гумусово-железисто-глинистая плазма, заполняющая трещины и поры в иллювиальных горизонтах, что свидетельствовало о миграции гумусового вещества вниз по профилю.

Минеральные зерна были покрыты гумусовыми пленками.

По окончании первой ротации (осень 2011 г.) было утрачено весьма значительное количество грубого гумуса, степень разложенности растительных остатков увеличилась, исчез дополнительный гумусовый горизонт. Отмечены крупные и сложные агрегаты с не очень четкими краями. Гумусовые конкреции присутствовали в большом количестве, однако они стали мельче. Перемещение гумусового вещества в составе плазменного материала сохранилось.

После второй ротации севооборота агрегаты пахотного горизонта были по-прежнему крупными и сложными, но не такими рыхлыми, как в хорошоокультуренной почве (рис. 3). Растительные остатки присутствовали в большом количестве, степень разложенности была различной. Встречались гифы и плодовые тела микроскопических грибов. Минеральный состав изменился менее значительно по сравнению с хорошоокультуренной почвой, в верхних горизонтах присутствовали даже зерна не очень устойчивой слюды – биотита. В данном разрезе по-прежнему наблюдалась миграция гумусового вещества вниз по профилю.

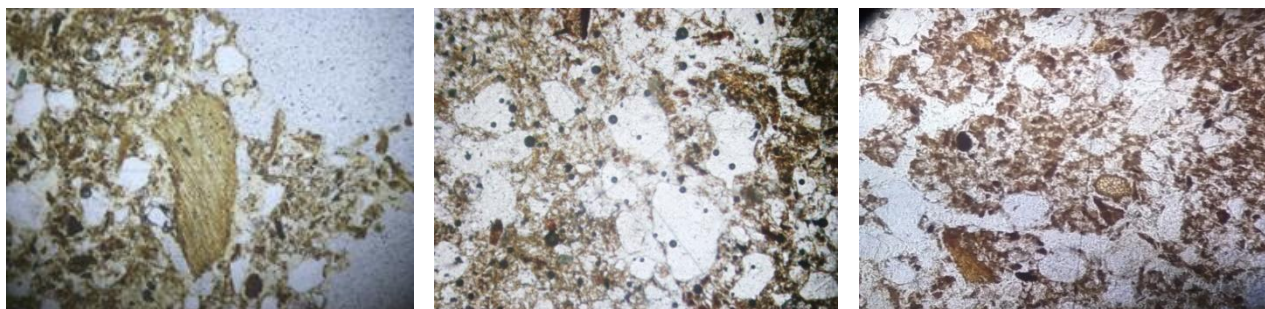


Рис. 3. Высокоокультуренная почва пахотный горизонт 2006, 2011, 2018 гг. соответственно (слева направо)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С течением времени на контрольной делянке начали проявляться начальные признаки деградации почвы. Особенно наглядно об этом свидетельствовало уменьшение количества крупных фракций основных минералов почвы (кроме кварца) в пахотном горизонте. Известно, что утраченные минералы не восстанавливаются.

Органические удобрения способствуют формированию и сохранению агрономически ценной микроструктуры пахотных горизонтов. Установлено, что оптимальной дозой органических удобрений является 80 т га^{-1} .

Внесение больших доз органических удобрений приводит к усилению миграции гумусовых веществ вглубь профиля и накоплению значительного количества неразложившихся растительных остатков, а меньших – к ухудшению микроагрегатного состояния почвы с течением времени. Однократное внесение органических удобрений в почву легкого гранулометрического состава не оказывает долговременного эффекта. Для поддержания высокого уровня окультуренности почв необходимо регулярное

внесение навоза. Однако даже однократное внесение органических удобрений позволяет сохранять минералогическую часть почвы.

Внесение органических удобрений дважды за ротацию оказалось достаточным для сохранения почвенных минералов и поддержания оптимальной микроструктуры пахотного горизонта.

Список литературы

- Бойцова Л. В., Зинчук Е. Г., Непримерова С. В. Исследование секвестрации органического вещества в почвах разной степени гидроморфизма // Проблемы агрохимии и экологии. 2017. № 4. С. 48–53.
- Бронникова М. А. Событие в микроморфологии почв: пособие по интерпретации микроморфологических признаков // Почвоведение. 2011. №7 С. 894–898
- Витковская С. Е., Иванов А. И., Филиппов П. А. Изменение строения профиля и агрохимических параметров дерново-подзолистой почвы при окультуривании //Агрохимия. 2014. № 7. С. 9–16.
- Гагарина Э. И. Микроморфологический метод исследования почв. Из-во СПбГУ. 2004. 155 с.
- Герасимова М. И., Губин С. В., Шоба С. А. Микроморфология почв природных зон СССР. Пушино. 1992. 214 с.
- Герасимова М. И., Ковда И. В., Лебедева М. П., Турсина Т. В. Микроморфологические термины как отражение современного состояния исследований микростроения почв // Почвоведение. 2011. № 7. С. 804–817.
- Грачева Р. Г., Урусевская И. С., Фролова Т. Д. Микроморфологическая диагностика антропогенных изменений почв острова Валаам //Вестн. МГУ. 1996. № 3.С. 40–47.
- Добровольский Г. В. Микроморфологический контроль процессов освоения и окультуривания дерново-подзолистых почв // Микроморфология антропогенно-измененных почв. М., 1988. С. 31–35.
- Зверева Т. С., Стрелкова А. А., Толстогузов О. В. Глееобразование в таежной зоне и изменение поверхностно-глеевых почв при сельскохозяйственном использовании. Петрозаводск. 1997. 234 с.
- Иванов А. И., Иванова Ж. А., Конашенков А. А., Филиппов П. А. Особенности методологии полевых исследований на современном этапе // Агрофизика. 2017. №2. С. 9–19.
- Иванов А. И., Конашенков А. А., Иванова Ж. А., Воробьев В. А., Фесенко М. А., Данилова Т. А., Филиппов П. А. Агротехнические аспекты реализации биоклиматического потенциала Северо-Запада России // Агрофизика. 2016. № 2. С. 35–44.
- Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. Отв. редактор Горбунов Н. И. Наука. М., 1971. 175 с.
- Непримерова С. В. Влияние интенсивного окультуривания дерново-подзолистой почвы на её микростроение // Материалы научной сессии по итогам 2012 года Агрофизического института. Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. 2013. С. 149–154.
- Непримерова С. В. Влияние системы воспроизводства плодородия почвы полевого и овощного севооборота на её минералогический состав //Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия Сборник докладов научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева», посвященной Международному году почв. 2015. С. 138–140.
- Непримерова С. В. Изменение микростроения дерново-подзолистой почвы при внесении органических удобрений. // Гумусное состояние почв 2008. С. 64–65.
- Оленченко Е. А. Баланс питательных веществ и изменение плодородия почвы разной степени окультуренности в Агрофизическом стационаре // Агрофизика. 2015. № 4. С. 13–20
- Русанова Г. В. Микроморфология антропогенно-измененных почв. Екатеринбург. 1998. 160 с.
- Скворцова Е. Б. Строение порового пространства естественных и антропогенноизмененных почв. Автореф. дисс. докт. с.-х. наук. М., 1999. 48 с.
- Турсина Т. В. Микроморфология естественных и антропогенных почв. Автореф. дисс. докт. с.-х. наук. М., 1988. 51 с.
- Турсина Т. В., Морозова Т. Д. Основные этапы развития микроморфологии почв в России // Почвоведение. 2011. № 7. С. 878–893.

References

- Boitsova L. V., Zinchuk E. G., Neprimerova S. V. Issledovaniye sekvestratsii organicheskogo veshchestva v pochvakh raznoy stepeni gidromorfizma [The study of sequestration of organic matter in soils of varying degrees of hydromorphism] // *Problemy agrokhimii i ekologii*, 2017, no. 4, pp. 48–53.
- Bronnikova M. A. Sobytiye v mikromorfologii pochv: posobiye po interpretatsii mikromorfologicheskikh priznakov [An event in soil micromorphology: a guide to the interpretation of micromorphological features] // *Pochvovedeniye*, 2011, no. 7, pp. 894–898.
- Vitkovskaya S. E., Ivanov A. I., Filippov P. A. Izmeneniye stroyeniya profilya i agrokhimicheskikh parametrov dernovo-podzolistoy pochvy pri okulturivanii [Changes in the profile structure and agrochemical parameters of soddy-podzolic soil under cultivation] // *Agrokhiimiya*, 2014, no 7. pp. 9–16.
- Gagarina E. I. *Mikromorfologicheskii metod issledovaniya pochv* [Micromorphological method of soil research]. SPBGU, 2004. 155 p.
- Gerasimova M. I., Gubin S. V., Shoba S. A. *Mikromorfologiya pochv prirodnykh zon SSSR* [Micromorphology of soils of natural zones of the USSR]. Pushchino, 1992. 214 p.
- Gerasimova M. I., Kovda I. V., Lebedeva M. P., Tursina T. V. Mikromorfologicheskiye terminy kak otrazheniye sovremennogo sostoyaniya issledovaniy mikrostroyeniya pochv [Micromorphological terms as a reflection of the current state of research on soil microstructure] // *Pochvovedeniye*, 2011, no. 7, pp. 804–817.

- Gracheva R. G., Urusevskaya I. S., Frolova T. D. Mikromorfologicheskaya diagnostika antropogennykh izmeneniy pochv ostrova Valaam [Micromorphological diagnosis of anthropogenic soil changes in Valaam Island] // *Vestn. MGU*, 1996, no. 3, pp. 40–47.
- Dobrovolskiy G. V. Mikromorfologicheskiy kontrol protsessov osvoyeniya i okkultirivaniya derno-podzolistykh pochv [Micromorphological control of the development and occultation of sod-podzolic soils] *Mikromorfologiya antropogenno-izmenennykh pochv*. Moscow: 1988, pp. 31–35.
- Zvereva T. S., Strelkova A. A., Tolstoguzov O. V. *Gleyeobrazovaniye v tayezhnoy zone i izmeneniye poverkhnostno-gleyevykh pochv pri selskokhozyaystvennom ispolzovanii*. [Gleying in the taiga zone and changing surface-gley soils in agricultural use] Petrozavodsk, 1997. 234 p.
- Ivanov A. I., Ivanova Zh. A., Konashenkov A. A., Filippov P. A. Osobennosti metodologii polevykh issledovaniy na sovremennom etape [Features of the field studies methodology at the present stage] // *Agrofizika*, 2017, no. 2, pp. 9–19.
- Ivanov A. I., Konashenkov A. A., Ivanova Zh. A., Vorobyev V. A., Fesenko M. A., Danilova T. A., Filippov P. A. Agrotekhnicheskiye aspekty realizatsii bioklimaticheskogo potentsiala Severo-Zapada Rossii [Agrotechnical aspects of bioclimatic potential implementation the North-West region of Russia] // *Agrofizika*, 2016, no. 2, pp. 35–44.
- Metody mineralogicheskogo i mikromorfologicheskogo izucheniya pochv* [Methods of mineralogical and micromorphological study of soils] Otv. redaktor Gorbunov N. I. Nauka. Moscow, 1971. 175 p.
- Neprimerova S. V. Vliyaniye intensivnogo okkultirivaniya derno-podzolistoy pochvy na eye mikrostroyeniye [The effect of intensive cultivation of sod-podzolic soil on its microstructure]. *Materialy nauchnoy sessii po itogam 2012 goda Agrofizicheskogo instituta. Agrofizicheskii nauchno-issledovatel'skiy institut RASKhN*. [Materials of the scientific session following the results of 2012 of the Agrophysical Institute. Agrophysical Research Institute] Saint-Peterburg: Publishing house Agrophysical Research Institute, 2013, pp. 149–154.
- Neprimerova S. V. Vliyaniye sistemy vosproizvodstva plodorodiya pochvy polevogo i ovoshchnogo sevooborota na eye mineralogicheskiiy sostav [The influence of the system of reproduction of soil fertility of field and vegetable crop rotation on its mineralogical composition]. *Agroekologicheskiye problemy pochvovedeniya i zemledeliya. Sbornik dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii Kurskogo otdeleniya MOO «Obshchestvo pochvovedov imeni V. V. Dokuchayeva». posvyashchennoy Mezhdunarodnomu godu pochv* [Agroecological problems of soil science and agriculture. Collection of reports of the scientific-practical conference of the Kursk branch of the Moscow Society of Soil Scientists named after V. V. Dokuchaev dedicated to the International Year of Soils]. Kursk, 2015. pp. 138–140.
- Neprimerova S. V. Izmeneniye mikrostroyeniya derno-podzolistoy pochvy pri vnesenii organicheskikh udobreniy [Change in the microstructure of sod-podzolic soil with the introduction of organic fertilizers]. *Gumusnoye sostoyaniye pochv* [Humus state of soils]. Saint-Peterburg, 2008, pp. 64–65.
- Olenchenko E. A. Balans pitatelnykh veshchestv i izmeneniye plodorodiya pochvy raznoy stepeni okulturennosti v Agrofizicheskoye statsionare [The balance of nutrients and soil fertility of varying degrees of cultivation in the Agrophysical station] // *Agrofizika*, 2015, no. 4, pp. 13–20.
- Rusanova G. V. *Mikromorfologiya antropogenno-izmenennykh pochv* [Micromorphology of anthropogenically modified soils]. Ekaterinburg, 1998. 160 p.
- Skvortsova E. B. Stroyeniye porovogo prostranstva estestvennykh i antropogennoizmenennykh pochv Avtoref. diss. dokt. s.-kh. nauk. [The structure of the pore space of natural and man-made soils Abstract. diss. doct. s.-kh. sci.]. Moscow, 1999. 48 p.
- Tursina T. V. Mikromorfologiya estestvennykh i antropogennykh pochv. Avtoref. diss. dokt. s.-kh. nauk. [Micromorphology of natural and anthropogenic soils. Abstract. diss. doct. s.-kh. sciences.]. Moscow, 1988. 51 p.
- Tursina T. V., Morozova T. D. Osnovnyye etapy razvitiya mikromorfologii pochv v Rossii. [The main stages of the development of soil micromorphology in Russia.] // *Pochvovedeniye*, 2011, no. 7, pp. 878–893.